


EDITORIAL ANDRES BELLO

¿Por qué el cerebro humano insiste en interpretar el mundo y en construir un relato? Michael S. Gazzaniga, uno de los especialistas en neurociencia cognitiva más importantes del mundo, muestra cómo el cerebro y la mente logran la asombrosa hazaña de construir nuestro pasado, un proceso lleno de errores de percepción, memoria y juicio. Pone en duda nuestras habituales nociones de *self* y realidad: los sistemas específicos instalados en el cerebro harían su trabajo de manera automática y en gran medida al margen de nuestra conciencia. Las consecuencias de lo que expone pueden alterar profundamente nuestro entendimiento de la percepción y la memoria, de la profundidad de lo instintivo humano y del modo como construimos lo que somos y nuestra posición en el mundo que nos rodea.

Durante los últimos treinta años, las ciencias de la mente no solo han dibujado un cuadro de cómo está construido el cerebro, sino también de para qué ha sido construido. El resultado es maravillosamente claro y definido y da la razón a William James: el ser humano está dotado de muchos más instintos que los animales. Todo bebé nace con circuitos que compulsan información y le permiten funcionar en el mundo físico. Incluso lo que nos permite comprender las relaciones sociales puede surgir de leyes de la percepción que ya están inscritas en el cerebro del bebé. Lo mismo vale para la habilidad de transmitir cultura –acto que sólo es una parte del repertorio humano: puede brotar de numerosos procesos automáticos y únicos que darían origen a capacidades del tipo de las creencias y la cultura.

Gazzaniga explica cómo la mente interpreta datos que el cerebro ha procesado antes, lo que hace que "nosotros" seamos los últimos que nos enteramos. Nos muestra que lo que "nosotros" vemos es frecuentemente una ilusión y de ningún modo lo que el cerebro está percibiendo; los recuerdos erróneos se transforman en parte de nuestra experiencia, la autobiografía es una ficción.

Michael S. Gazzaniga es director del Programa de Neurociencia Cognitiva del Dartmouth College. Ha escrito numerosos libros, entre ellos La Mente Importa: cómo la mente y el cerebro interactúan para crear nuestra vida consciente (1989), y La Naturaleza de la Mente: las raíces biológicas del pensamiento, las emociones, la sexualidad, el lenguaje y la inteligencia (1994).

Fotografía de portada: SuperStock Chile

# EL PASADO
# DE LA MENTE

MICHAEL S. GAZZANIGA

# EL PASADO DE LA MENTE

Traducción de Pierre Jacomet

EDITORIAL ANDRES BELLO
Barcelona • Buenos Aires • México D.F. • Santiago de Chile

Título original: *The Mind's Past*

Edición original: California University Press, 1998

Traducción: Pierre Jacomet





Editorial Andrés Bello Española
Enrique Granados, 113, Pral. 1.ª, 08008 Barcelona
http://www.librochile.cl/andres-bello/

ISBN: 84-89691-88-6
Depósito legal: B-13.241-1999

Impreso por Romanyà Valls, S.A. - Pl. Verdaguer, 1 - 08786 Capellades

*Printed in Spain*

*A la memoria de*
*Charlotte Ramsey Smylie,*
*una gran tejana, una gran dama,*
*y una gran amiga.*

*Mientras el cerebro sea un misterio*
*el universo será un misterio.*

Santiago Ramón y Cajal

# CONTENIDO

# *Prefacio*

Hace cien años, William James se lamentaba: "Quise ayudar a que la psicología se convirtiera en una ciencia de la naturaleza, tratándola como tal". En verdad, nunca lo logró. La psicología, que para muchos era el estudio de la vida mental, cedió terreno ante otras disciplinas durante el siglo pasado. Biólogos evolucionistas, científicos cognitivos, neurocientistas, psicofísicos, lingüistas, cientistas informáticos y otros tantos colonizan hoy la provincia de las ciencias mentales. Este libro describe los singulares hallazgos de estos nuevos investigadores.

La psicología propiamente tal ha muerto. Quizá sea mejor decir que hoy se halla en una situación extraña. Dartmouth, mi colegio universitario, está construyendo un nuevo y magnífico edificio para la cátedra de psicología. Pero sus cuatro pisos se distribuyen como sigue: el sótano se dedica a la neurociencia, el primer piso a salas de clases y administración, el segundo a la psicología social, el tercero a la ciencia cognitiva y el cuarto a la neurociencia cognitiva. ¿Por qué lo llaman "edificio de psicología"?

Las tradiciones son perdurables, se las abandona difícilmente. Lo paradójico es que todos, excepto los psicólogos, sabemos que la psicología murió. Un decano preguntó a la oficina de desarrollo por qué no conseguía fondos para reembolsar a la Universidad el costo del nuevo edificio. La respuesta fue: "Bueno, los alumnos creen que la psicología es un tópico muerto, una suerte de asesoría. Pero, si se llamara Departamento de Ciencias del Cerebro y el Conocimiento, podríamos conseguir veinticinco millones de dólares en una semana".

Las grandes interrogantes de los psicólogos clásicos evolucionaron hacia terrenos que pueden ser explorados por otros científicos. Mi querido amigo Stanley Schachter me dijo, poco antes de morir, que su amado campo de la psicología social no era, después de todo, una ciencia acumulativa. Por cierto, los especialistas siguen planteando preguntas y recurriendo al método científico para resolverlas, pero las preguntas no se dirigen a un *corpus* de conocimiento donde un resultado conduce a otro. Era una afirmación severa, y Schachter habría sido el primer aludido. Pero buscaba algo. La psicología no es como la biología molecular, donde todos los días hay nuevos descubrimientos que se apoyan en cosas ya sabidas.

Esto no significa que los procesos y estados psicológicos carezcan de interés o sean aburridos. Por el contrario, constituyen fragmentos fascinantes de un enigma que muchas mentes curiosas

intentan desentrañar. No hay duda de que *la* pregunta que debemos contestar en el siglo veintiuno es de qué manera el cerebro habilita la mente. La siguiente pregunta es cómo pensar el asunto. Es el propósito de este trabajo. Creo que mi mensaje es significativo y lo bastante importante para ser examinado, y puede perdurar.

Mi manera de enfocar el trabajo del cerebro arraiga en una perspectiva evolucionista, que parte de la base de que nuestra vida mental refleja las acciones de muchos, acaso millares de dispositivos neurales instalados previamente en el cerebro. Estos dispositivos ejecutan tareas cruciales para nosotros, desde gobernar nuestra locomoción y respiración hasta ayudarnos a resolver silogismos. Hay múltiples tipos y formas de dispositivos neurales, pero todos son inteligentes.

Al principio es difícil creer que la mayoría de estos dispositivos cumple su tarea antes de que reparemos en ello. Los humanos tenemos una visión egocéntrica del mundo. Solemos creer que nuestro yo casi siempre dirige el espectáculo. Las investigaciones más recientes revelan que esto es falso, pero parece veraz debido a la presencia de una herramienta especial en el hemisferio izquierdo, a la que denomino "intérprete". Este dispositivo genera la ilusión de que gobernamos nuestras acciones, y lo hace interpretando nuestro pasado, esto es, las acciones previas de nuestro sistema nervioso. Si quieren ver cómo llego hasta allí, cómo paso de un cerebro equipado de fábrica a

la serena sensación integrada que todos experimentamos, tendrán que leer este libro misericordiosamente breve.

Vayan mis agradecimientos a numerosas personas, entre las cuales no es menos importante la mucama del Hotel des Grands Hommes en París. París es un lugar maravilloso para preparar un libro. Te alimenta y nutre y sonríe mientras luchas en la habitación que da a un pequeño patio. La mucama rápidamente dedujo mi propósito y con esmero halló su lugar entre tratados científicos, computadoras y tazas de café. Me alentaba con sus sonrisas hasta que llegaban mi esposa y mis hijos, y entonces, como si entregara el relevo, decía a mi mujer: "¿Sabe usted que es la primera vez en días que lo veo sonreír?". Tanta gente nos ayuda...

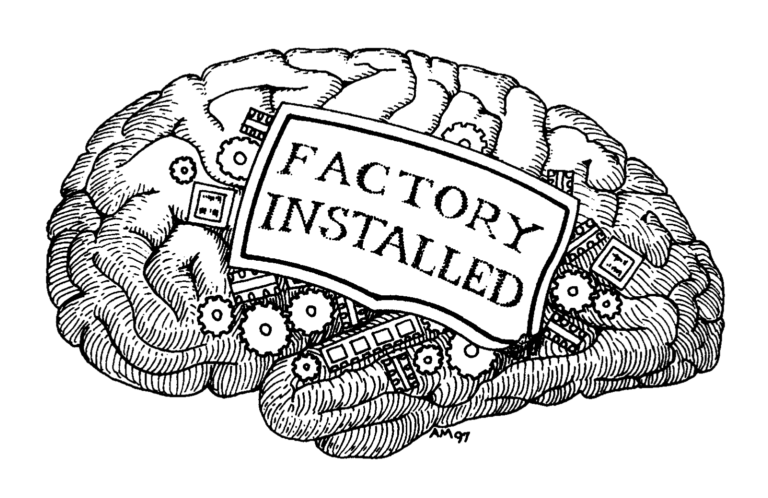
Por cierto, las sugerencias científicas no han sido escasas. Steven Pinker leyó y criticó una y otra vez el trabajo y suministró atisbo tras atisbo. Es un notable científico y profesor. Michael Posner hizo lo mismo y corrigió diversos temas con su franqueza habitual y su ingenio incisivo. Agradezco a George Wolford, Leo Chalupa, Michael Miller, Ken Britten, Jeffrey Hustler, Miquel Marín-Padilla, Charlotte Smylie y muchos otros. Finalmente, tuve la suerte de asistir a diversas conferencias en el curso de estos años, entre las que destaco la de Robert. J. Almo, quien no sólo es cirujano ortopédico sino experto en magia.

Alex Meredith, Ph. D., volvió a comprender el espíritu de mi trabajo. Gracias por su arte en el capítulo 5 y al inicio de cada capítulo.

Muy importante: quiero agradecer a Howard Boyer, de la University of California Press. Es lo que se llama un Editor, con mayúscula. No sólo limpia la prosa, corrige las frases, aclara el significado y nos alienta a lo largo de la ruta. Es inteligente y agudo. El libro sería menos sin él. Y, justo cuando piensas que has terminado, llega la correctora de la U.C. Press. También ella contribuyó a que este libro viera la luz: mis agradecimientos a Sylvia Stein Wright.

Finalmente, recuerdo un chiste de Pasko Rakic, de la Universidad de Yale, uno de los neurocientistas contemporáneos más brillantes, que estudia cómo se desarrolla la corteza, problema difícil, por decir lo menos. Cualquier científico se asustaría ante la enormidad de la tarea. Al reflexionar acerca de ello, Rakic dijo: "Mejor es no entender algo complejo que algo simple". Es exactamente lo que pienso. Espero que la lectura les resulte entretenida.

MICHAEL GAZZANIGA
Sharon, Vermont


FACTORY
INSTALLED
AM97

# 1. El yo ficticio

No existe vida que pueda ser recapitulada por entero tal como fue. Lo que equivale a decir que toda biografía es en último término ficción. ¿Qué nos dice esto acerca de la naturaleza de la vida? ¿Y queremos verdaderamente saberlo?

BERNARD MALAMUD, *Las vidas de Dubin*

Buena pregunta, porque en el fondo todos sabemos algo –o *deberíamos* querer saber algo– acerca de la ficción de nuestra vida. Escribí este libro precisamente para describir cómo la mente y el cerebro realizan la asombrosa proeza de construir nuestro pasado y cómo, haciéndolo, generan aquella ilusión de "yo" que nos incita a ir más allá del cerebro automático.

El reordenamiento de sucesos empieza en la percepción * y culmina en el raciocinio. La mente

* Conviene una aclaración. Históricamente, en la filosofía occidental el significado de los términos cuya designación es la idea de percepción ha oscilado entre dos extremos: la "percepción sensible" y la percepción como percepción nocional o "mental". En muchos casos se ha entendido como una actividad o un acto psíquico que incluye algún elemento sensible y algún elemento nocional o intelectual. Se ha ido abriendo paso la noción de "percepción" como "percepción sensible", a diferencia de otras operaciones mentales estimadas no sensibles. La distinción suele adoptar la forma siguiente: puede haber sensación sin percepción pero no puede haber percepción sin sensación. Esta traducción recurre siempre a "percepción consciente" para *conscious awareness.* (N. del T.)

es la última en saber las cosas. El ilusorio "nosotros" (la mente) sólo advierte hechos que el cerebro ya ha computado. El cerebro, sobre todo el hemisferio izquierdo, está diseñado para interpretar las informaciones que procesa. En efecto, en aquella zona hay un dispositivo especial –que denomino *intérprete*– cuya actividad es posterior a la culminación de billones de procesos cerebrales automáticos. El intérprete, último eslabón en la cadena informativa del cerebro, reconstruye los hechos cerebrales, y lo hace incurriendo en gruesos errores de percepción, de memoria y de juicio. La clave de cómo estamos hechos no es sólo, entonces, esa maravillosa capacidad para ejecutar cometidos superiores, sino también las adulteraciones que se perpetran al reconstruir los sucesos. Toda biografía es mito. Toda autobiografía es irremediablemente fabulatoria.

En el curso de los últimos treinta años las ciencias de la mente han pergeñado un cuadro que muestra cómo y para qué está construido el cerebro. Aparece una imagen sorprendentemente clara y precisa: todo recién nacido viene al mundo dotado de circuitos para computar la información que le permite desenvolverse en el universo físico. No necesita aprender trigonometría porque la sabe. Sin enseñanza previa distingue figura y fondo. Tampoco precisa estudiar que un objeto masivo mueve a otro al golpearlo.

Hasta los dispositivos que nos permiten desentrañar la complejidad de las relaciones sociales

pueden haber surgido de leyes perceptuales suministradas a nuestra mente infantil. Es más, quizá la capacidad para transmitir cultura, facultad exclusiva del repertorio humano de competencias, provenga de nuestra singular habilidad imitativa. Investigadores dedicados al estudio de chimpancés[1] han comprobado en múltiples instancias que las habilidades del niño empiezan donde terminan las del simio. Opinan que somos los únicos que contamos con diversos procesos perceptivomotores automáticos capaces de generar la inextricable colección de capacidades mentales que permite, entre otras cosas, profesar creencias y trasmitir cultura.

Al considerar el nivel de complejidad instalado en el cerebro [las redes neuronales prefiguradas antes del nacimiento], omito el tema naturaleza versus educación en su acepción tradicional, esto es, la que pretende determinar qué grado de variabilidad intelectual resulta de los genes y cuánta del entorno. El que Juan sea más inteligente que Luisa o viceversa es sólo la delgada película visible de un carámbano más voluminoso. Prefiero inquirir por qué todos los humanos son diferentes de todos los chimpancés, y, para el caso, de todos los animales. ¿Por qué somos capaces de elaborar una teoría acerca de nuestro perro o gato, pero éstos no erigen hipótesis acerca de nosotros? ¿Por qué los chimpancés no desarrollan historia ni cultura cuando los humanos lo hacen de manera reflexiva? Explicar esta discordancia

patente, esto es, entender cómo el cerebro humano cumple estas funciones y por qué ningún otro animal lo logra, es la meta principal de este libro. Postulo que nuestro singular dispositivo cerebral (el intérprete) permite resolver desafíos privativos de nuestra especie. Además, sostengo que incita a creer que el cerebro trabaja conforme a "nuestras" instrucciones, no al revés.

La configuración y el tipo de circuito específicos del cerebro humano lo diferencian de los animales. Aunque comparte con éstos los mismos bloques de construcción –las neuronas–, la organización de sus miles de millones de unidades fecunda competencias distintas. Es posible que las desigualdades cuantitativas entre Juan y Luisa reflejen factores genéticos, intrauterinos y ambientales, o que las variaciones de coeficiente intelectual representen variaciones del trauma normal del parto (nuevos hallazgos sugieren que los niños nacidos por cesárea son más inteligentes), pero la disparidad cualitativa del cerebro humano genera otras discrepancias, entre las que destaca nuestra capacidad para reconstruir hechos pasados. Esta singularidad merece nuestra atención pues es propia de todo ser humano, sea analfabeto o premio Nobel.

Hay científicos brillantes que se equivocan cuando se trata de entender la condición humana. Algunos aseveran que "si separamos la cultura del lenguaje, que verdaderamente es una capacidad única, su diferencia con la tradición animal

es sólo cuestión de grados".[2] Otros sostienen que sólo por su carencia de idioma el chimpancé es incapaz de sentarse junto a sus semejantes para decidir qué va a hacer mañana.[3] Pero David y Ann Premack aseguran que "los animales carecen de cultura e historia. Además, el lenguaje no es la única diferencia entre el chimpancé, por ejemplo, y el hombre: el ser humano no es un mono con lenguaje agregado".

Mi relato recurre al conocimiento del desarrollo cerebral y a los datos de la teoría evolucionista, en cuanto afectan nuestra comprensión de la mente y el cerebro humanos. Aunque apelo constantemente a los hallazgos de la biología, también valoro aquellos dispositivos cerebrales que crearon una historia distinta para nuestra especie. La suntuosa hipótesis de Darwin –acaso la teoría científica más trascendental en la historia del mundo (y ni una sola palabra fue generada con ayuda de una calculadora o un ordenador)– nos lleva a verdades inevitables. Para entender para qué sirve el cerebro, todo biólogo evolucionista comienza por la cuestión esencial de por qué un órgano o proceso hace lo que hace. Es un camino inédito para entender cómo el cerebro habilita la mente. En vez de buscar substratos físicos únicos que soporten funciones específicas, podemos quizá develar cómo el cerebro genera competencias en términos informacionales. Este es el objetivo de cualquier neurociencia que pretenda entender nuestro *self* psicológico. Así, los estudiosos que ven en el

cerebro una herramienta de toma de decisiones están redirigiendo sus experimentos para esclarecer "para qué sirve el cerebro".

Ante esta interrogante, la respuesta más sencilla apunta al sexo. En otras palabras, el cerebro existe para tomar decisiones capaces de potenciar el éxito reproductivo. El cerebro sirve para ayudar a la reproducción y el sexo. Por supuesto, el cuerpo que lo contiene debe sobrevivir el tiempo necesario para poder ejercer la sexualidad. Hay bastante acuerdo en esto. La gracia es tratar de entender cómo el cerebro gobierna esta tarea y dónde debemos buscar la respuesta a la pregunta acerca de su propósito natural. Ahora bien, aunque la mayoría de las observaciones científicas que cito corresponden al nivel psicológico, este libro destaca las ciencias de la mente, sobre todo cuando se apoyan en una perspectiva biológica.

• • •

Todo tipo de escollos aparece cuando intentamos pensar el trabajo del cerebro humano, pues éste, dotado de trillones de capacidades y dispositivos, hace bastante más cosas aparte de ayudarnos a tomar las decisiones correctas para nuestro éxito reproductivo. Un ordenador puede ser utilizado para computar (para eso fue construido); también sirve de pisapapeles. Pero las sutilezas del cerebro humano permiten lidiar con las metas primarias de selección sexual y además desarro-

llar la segunda ley de la termodinámica. Por desgracia, entender cómo lo logra no ayuda a captar el qué ni el cómo de su actividad natural.

En efecto, preguntar "para qué sirve el cerebro" no es lo mismo que inquirir "qué puede hacer el cerebro". La diferencia es importante, ¿o no? Se podría argüir que da igual que el cerebro haya sido construido para hacer X y hoy esté al servicio de Y, pues los científicos se interesan en la función Y. Consideremos por ejemplo la lectura. El cerebro no fue diseñado para leer, porque la lectura es un invento reciente de la cultura humana; muestra de ello es que a muchos resulta difícil. Además, los modernos estudios de imágenes cerebrales indican que las zonas cerebrales involucradas son algo esquivas. En el cerebro hay una zona que gobierna la respiración, pero ninguna que comande de manera específica la lectura. Algunos dirán que el cerebro cumple esta función por añadidura.

Por desgracia, muchos estudiosos se concentran en los mecanismos accesorios, excluyendo la perspectiva evolucionista, lo que induce a malinterpretar los datos recogidos por psicólogos y neurocientistas. La inferencia propositiva del enfoque evolucionista es que los modelos propuestos para explicar procesos psicológicos y conductuales examinan sólo el "ruido" de un afinado sistema neural dedicado a la toma de decisiones relacionadas con la supervivencia. Por ejemplo, numerosos modelos psicológicos suponen que la habilidad

infantil para dominar la complejidad sintáctica refleja la manera como los niños resuelven el problema de comunicarse con otros. B. F. Skinner,[4] conspicuo conductista norteamericano, dedicó la vida a predicar que estas capacidades humanas surgen de sencillas experiencias infantiles punitorias o gratificantes. Aunque los defensores de este enfoque jamás afirmarían que es posible enseñar a hablar a una rata (ya que carece de la habilidad innata para ello), un skinneriano aseveraría que principios simples de refuerzo pueden enseñar a un animal o a un humano todo lo que es capaz de hacer.

En ningún campo este enfoque skinneriano tuvo más relevancia que en la exploración del lenguaje. Por ejemplo, quienes padecieron la moda del conductismo o del empirismo* en las décadas de 1950 y 1960 recuerdan haber aprendido que el lenguaje se adquiere mediante estímulo y respuesta. Sólo con los trabajos pioneros de Noam Chomsky supimos que el lenguaje refleja un hecho biológico único de nuestra especie. (Resulta irónico observar que muchos temas que terminan enfocados en términos evolucionistas no fueron develados por adherentes de la teoría; Chomsky,

---

* El empirismo es una doctrina de carácter epistemológico. Suelen considerarse dos aspectos: en uno de ellos todo conocimiento *deriva* de la experiencia y, en particular, de la experiencia de los sentidos. El otro sostiene que todo conocimiento debe *ser justificado* recurriendo a los sentidos. (N. del T.)

cuyo interés en la evolución era secundario, solucionó el problema a partir del análisis formal del lenguaje.)

Y se impuso enfoque chomskiano del lenguaje como rasgo universal engramado en nuestro cerebro. Steven Pinker, colega de Chomsky en el MIT, lo amplió, arguyendo con éxito que el lenguaje es un instinto, como cualquier otra adaptación. La sintaxis no se aprende mediante sistemas asociativos skinnerianos; nos comunicamos a través del lenguaje porque los miembros de nuestra especie cuentan con la capacidad innata de manipular símbolos en un código temporal que transforma sonidos en significados. Las leyes de comunicación son universales, aunque "aprendamos" sonidos distintos para los significados. Si no se invocase una perspectiva evolucionista para interpretar el trabajo de los linguistas, probablemente surgirían enrevesadas teorías sicológicas del aprendizaje y del desarrollo para explicar el lenguaje humano, que es una mera adaptación. Se han propuesto varios modelos psicológicos, pero carecen de mérito o sustancia.

El debate en torno al papel de la evolución y el lenguaje genera insólitas connivencias. Por ejemplo, Stephen Jay Gould equipara al lenguaje con sus hoy afamados tímpanos: "el ahusamiento de los espacios triangulares formado por la intersección en ángulo recto de dos arcos curvos". Arguye que, tal como esos espacios arquitectónicos son un derivado del montaje de un domo sobre arcos,

el lenguaje es simplemente consecuencia del volumen encefálico; se fortaleció pues implicaba una ventaja evolutiva obvia, la de proveer de una herramienta más depurada para la toma de decisiones. Resulta paradójico que Chomsky se sienta cómodo con esta idea, aunque perturbe a la mayoría de los biólogos evolucionistas.

Es probable que la mente tenga numerosos tímpanos, pero en mi opinión el lenguaje no es uno de ellos. Sus ventajas son múltiples: comunica los peligros y los placeres del mundo, torna posible asociarse con extraños para cooperar en la cacería, garantiza nuestra seguridad, soluciona disputas, negocia una gran variedad de sucesos cotidianos y permite enseñar, genuina especialidad de nuestra especie.[5] Somos pedagogos, y anhelamos enseñar mientras nos sentamos junto a una hoguera más que presenciando continuamente las pruebas de ensayo y error de nuestros retoños. La aparición del lenguaje –que se vuelve cada vez más complejo en el curso de la evolución– es un acontecimiento trascendental de la crónica humana.

Por desgracia, las evaluaciones psicológicas suelen ser pueriles. Sólo explican el "ruido" o los desatendidos subproductos de un sistema biológico, y no el funcionamiento y las capacidades del sistema. Son meros témpanos.

• • •

En la década pasada empezamos a notar que el cerebro no era una red vasta e independiente. No realiza asociaciones apoyándose en simples relaciones condicionadas ni construye sobre esa base complejas funciones perceptuales y cognitivas. La investigación del psiquismo animal, la psicología evolucionista, la lingüística y la neurociencia se han centrado en un enfoque más fructífero acerca de la estructura y el funcionamiento del cerebro.

Este planteamiento más prometedor se deriva de la noción de que, gracias a la selección natural, en el cerebro aumentan los sistemas altamente especializados (o adaptaciones). Aunque el examen de sus funciones permite entenderlos de manera más precisa, su capacidad de efectuar otras tareas cotidianas y paralelas a sus funciones principales induce a errores de análisis, pues en aquellas tareas anexas manifiestan propiedades distintas. Estas propiedades anexas pueden ser tan tangibles en nuestra cultura que llegan a considerarse los únicos mecanismos involucrados en la función conductual o cognitiva que se estudia.

Por ejemplo, el uso ilegal de drogas parece a algunos una conducta desviada, producto de la presión social contemporánea. Otros esgrimen razones y terapias o destacan las implicaciones morales para superar las adicciones. Por último, hay quien sencillamente se pregunta por qué no usamos drogas con más frecuencia, si con ellas experimentamos mayor bienestar. Ninguno de estos

enfoques aproximativos reconoce las fuerzas subyacentes en la adicción.

Randolph Nesse pone al descubierto estas fuerzas y recomienda tratar el tema con prudencia. Diversas adaptaciones cerebrales modulan los estados emocionales: el miedo, la ansiedad y la tristeza influyen en nuestra capacidad decisoria. Son buenos instrumentos. Boicotearlos con substancias artificiales es perjudicar nuestra habilidad para procesar señales de los sistemas cerebrales. La perspectiva evolucionista delata la gravedad de la adicción: la droga nos impide oír los mensajes de los sistemas químicos normales que nos permiten tomar decisiones correctas. Los debates acerca de la moralidad de la adicción y otros factores soslayan esta realidad biológica.

La clave para entender cómo el cerebro toma sus decisiones está en el flujo y reflujo de los patrones neuronales de descarga.* Los substratos físicos se encargan de los cómputos, pero una vez que éstos se expresan, el patrón del código *neuronal*** representa el código *neural* para una función, por ejemplo ver un rostro o un color. Según

* Original: *firing*. En neurociencia designa la activación de la neurona, cuando una corriente eléctrica se propaga desde el cuerpo de la célula y baja por el axón hasta desembocar en una sinapsis, gatillando la emisión de sustancias químicas denominadas neurotransmisores, que a su vez estimulan los receptores. (N. del T.)

** Ensamblajes neuronales constituidos en torno de una actividad funcional. (N. del T.)

la teoría evolucionista, somos un conjunto de adaptaciones –una serie de dispositivos cerebrales– capaces de realizar diversas tareas. El cerebro enfrenta los nuevos desafíos compleja y acaso diseminadamente, esto es, diversos sistemas contribuyen a una sola función cognitiva. Operan de este modo:

El sistema neural de un animal cualquiera en un momento determinado se halla en un estado definido, pero modifica su microarquitectura con el correr del tiempo. Si una mutación aleatoria –debida a variaciones en la dinámica de crecimiento– contribuye al éxito reproductivo, es muy probable que la hereden las futuras generaciones. Por ejemplo, un ojo rudimentario que otorgue al organismo una visión limitada permite transitar por el mundo, pero, si una mutación lo perfecciona, el animal verá mejor, se comportará con mayor eficacia, sobrevivirá por más tiempo y tal vez los genes mutantes de ese ojo sean incorporados en la arquitectura de la especie. De hecho, según Richard Dawkins, no sería raro que todos los animales sobrevivientes hayan poseído siempre una suerte de ojo rudimentario, aunque fuera una simple zona sensible a la luz o un parche pigmentoso para distinguir la noche del día. Pero sabemos que evolucionaron diversos tipos de ojo y que muchas especies han desarrollado maneras únicas de ver.

Jamás un organismo construye una solución *a novo.* Sólo por azar se genera una red neural que

agrega características y habilidades. Los mecanismos cerebrales evolucionaron al cabo de mutaciones casuales que permitieron encarar desafíos incógnitos y ejecutar tareas destinadas a potenciar el éxito reproductivo. Esta brillante idea de Darwin es la única explicación para la aparente ingeniería y complejidad de los organismos de la naturaleza: se fundamenta en el procedimiento de tanteo o ensayo y error, siendo el "ensayo" la mutación aleatoria y el "error" la medida de beneficio que el cambio aporta. Este sencillo punto sigue siendo una de las ideas menos comprendidas de nuestro tiempo, y la elocuencia con que la defiende un evolucionista como Richard Dawkins no ha impedido que la gente la juzgue falaz. Se lamentan: "¿cómo un ser tan maravillosamente complejo como el hombre puede resultar de mutaciones casuales? Nuestro diseño es forzosamente divino, no podemos haber surgido de mutaciones aleatorias".

Es preciso aclarar que el factor azar está imbricado en la idea de selección natural, pero en el nivel del genoma, donde los cambios generan mutaciones que perviven cuando son beneficiosas. Pero el proceso no es instantáneo: la selección natural y las mutaciones aleatorias trabajaron millones de años y mediante cambios infinitesimales cincelaron al ser humano.

Por desgracia, esta manera *ad hoc* de construir al ser humano, y en particular el cerebro, resulta un obstáculo para el neurocientista que intenta

discernir las tareas para cuyo cumplimiento evolucionó cada sistema. Por eso es tan difícil hallar los circuitos localizados –esto es, *plenamente* responsables– de una competencia cognitiva o perceptual. El neurosicólogo, médico que estudia los efectos de las lesiones cerebrales en la conducta, observa a pacientes con lesiones focales que pueden ser producto de derrames, tumores, balas o aun esquirlas o barras de hierro que atraviesan el cráneo. Esos pacientes pueden exhibir disfunciones específicas, como la incapacidad para reconocer rostros. Pero también se da el caso de grandes lesiones cerebrales que provocan desórdenes sorprendentemente puntuales, como el no poder pronunciar sustantivos.

. . .

El conocimiento contemporáneo es aún escaso en la fascinante y novel disciplina que investiga cómo el cerebro refleja cambios adaptativos no sólo en una especie sino entre diversas especies. El cerebro humano suele entenderse como una compleja red de adaptaciones engramadas en el sistema nervioso, pero no sabemos cómo. Es probable que la especificidad neural subyacente en estas adaptaciones ensamble una red diseminada por todo el cerebro. Como los cambios evolutivos transitan por vías *ad hoc* –a menudo gracias a sistemas dependientes del azar para ayudar en una tarea determinada–, las posibilidades de hallar un

circuito vinculado con una tarea específica son bastante remotas.

La poderosa teoría de la selección natural determina nuestra manera de enfocar el cerebro evolucionado y sus funciones. Si se acepta este enfoque, deben rechazarse los postulados psicológicos conductistas tradicionales, que sostienen que la mente resulta de meros condicionamientos y asociaciones. Aunque esta visión está desprestigiada entre los psicólogos, el concepto de redes asociativas perdura en los teóricos conexionistas,[6] para quienes la especificidad genética desempeña un papel escaso o nulo en el desarrollo de los dispositivos mentales. Sostienen que la neurobiología confirma esta noción, que denominan "constructivismo neural". El meollo del concepto es que "en agudo contraste con los populares modelos seleccionistas, las características representacionales de la corteza se construyen progresivamente a partir de la interacción dinámica entre mecanismos de crecimiento neural y la actividad neural condicionada por el entorno". Algunos consideran que ello no refuta la óptica seleccionista, pero yo creo que es adecuado destacar la diferencia: los modelos seleccionistas describen cómo el estímulo ambiental elige una capacidad *preinstalada* en el organismo.

De forma aún más temeraria, los conexionistas sostienen que el aprendizaje gobierna el desarrollo, postulado que fundamentan en un conjunto bastante discutible de trabajos. Vinculan

una neurobiología controvertida con la obra de Jean Piaget y sugieren que la interacción con el entorno determina el aprendizaje infantil. En otras palabras, la capacidad del niño no resulta de un dispositivo "de fábrica".

El grupo de La Jolla basa sus teorías en la idea de que el dispositivo de aprendizaje cerebral no es "estacionario": el aprendizaje modifica el dispositivo que permite aprender, lo que equivale a decir que lo aprendido puede alterar el aprendizaje futuro. Sejnowski y sus colegas desarrollaron esta idea en parte por las dificultades que tienen las redes amplias para conjeturar acerca de cómo organizarse para solucionar un problema. Las redes neurales reducidas solucionan problemas pequeños y luego crecen poco a poco mediante el método de ensayo y error.

Para algunos este enfoque equivale a una perspectiva evolucionista.[7] Sólo que ven el método de ensayo y error trabajando ontogénicamente (es decir de manera desarrollista), mientras los evolucionistas lo conciben trabajando filogenéticamente. * La diferencia sería de escala temporal, además de posibles disparidades en el mecanismo. Pero la teoría conexionista presenta fisuras más profundas: la organización celular de las regiones corticales se detecta en el feto, pero los defensores del

* La ontogenia es la formación y desarrollo de los individuos orgánicos. La filogenia es la historia de la especie. (N. del T.)

enfoque constructivista se resisten a creer que las estructuras básicas de la corteza del lenguaje ya estén en su lugar cuando nace el bebé. Por cierto, éstos no suelen hablar *in utero.*

También es problemática la manera como estos teóricos enfocan el conocimiento de áreas específicas: han llegado a decir que lo que se necesita saber para aprender el lenguaje es diferente de lo que se requiere para aprender la causalidad: cada necesidad remite a una zona distinta. Los constructivistas aseveran que el cerebro posee un mecanismo común, capaz de resolver la estructura de todos los problemas. Designan este mecanismo con la expresión *espacio de problemas*: cuando el espacio de problemas enfrenta los desafíos del lenguaje, configura al cerebro de una manera determinada, cuando debe reconocer rostros lo moldea de otro modo, etc. Este tipo de aserto nos deja atónitos, pues si algo sabemos es que no toda zona antigua del cerebro es capaz de aprender cualquier cosa antigua. Aun así, otorgan un papel preponderante al entorno en la estructuración del cerebro y afirman que nuestra experiencia refleja directamente la realidad. En términos de Terry Sejnowski, "Esta interacción [...] basta para determinar las propiedades representacionales maduras de la corteza, sin que se precisen predisposiciones específicas por área engramadas *a priori* en la corteza. En consecuencia, hay una relación directa entre los cambios en el entorno –naturales o culturales– y la estructura del cerebro". Pero, como arguye David Premack,

"cuando consideramos los problemas que los seres humanos están diseñados para resolver, no nos sorprenden sus semejanzas sino sus disparidades [...]. En el caso del lenguaje, la estructura incluye por una parte fonemas y distintas formas, sustantivos *versus* verbos por otra [...] La estructura atañe a relaciones físicas como contención, soporte, colisión y otros fenómenos de la física intuitiva".

La literatura etológica abunda en ejemplos que contradicen los postulados de Sejnowski acerca de cómo se construye el cerebro. Veamos, por ejemplo, lo que sucede con el mono vervet, una especie de mico sudafricano:

> "El área de problemas del vervet son los predadores, y sus categorías son raptor, leopardo y serpiente, frente a los cuales emite tres gritos diferentes. ¿Acaso el vervet inmaduro configura las estructuras de este espacio, esto es, aprende las categorías? No. Viene equipado con las categorías. Aprende a afinar el reconocimiento de los individuos de cada una.
>
> Por ejemplo, un joven vervet puede equivocarse y emitir el grito-raptor ante un halcón (que se asemeja al predador genuino), o el grito-serpiente ante culebras inofensivas, así como el grito-leopardo para designar otros animales terrestres. Corrige estos errores, aprendiendo a circunscribir su grito al miembro correcto de cada categoría, y a hacerlo más rápido. Sin embargo, desde el primer grito no

> confunde las categorías, no emite el grito-serpiente para designar un pájaro ni el grito-leopardo para una serpiente, etc. Así, el vervet no "configura la estructura del espacio de problemas". La estructura viene incorporada.[8]

. . .

Aunque muchos quieren creer que las cosas suceden como dice el grupo de La Jolla, la biología no es tan acomodaticia. El motor evolutivo de la selección natural construye hermosos dispositivos complejos de manera bastante extraña y crea cada vez máquinas más perfectas a partir de un sinnúmero de acontecimientos casuales. La naturaleza propende a utilizar cualquier truco para que las cosas funcionen. "En la década de 1950 se volvió cada vez más claro que la conducta es sólo la evidencia, no el tema de la psicología", dice un estudioso para explicar el porqué de la revolución cognitiva en sicología.[9] La ineptitud de las teorías asociativa, conductista y conexionista es patente. No dudo de que hallaremos principios que describan nuestra actividad mental; ése es el objetivo último de las ciencias de la mente. Pero también estoy seguro de que la mayoría será instancias de complejos y acaso insólitos dispositivos neurales innatos, tal como nacemos equipados con anticuerpos capaces de encarar otros desafíos del entorno.

Cuando me gradué en inmunología, el saber convencional decía que el cuerpo podía producir

anticuerpos para cualquier antígeno. El enfoque prevaleciente atribuía gran importancia a la instrucción, infería que el organismo incorpora datos del entorno en su función. Suponía que las moléculas de globulina se aglutinaban en torno de cualquier antígeno y generaban la respuesta inmune: exactamente lo que postulan los constructivistas neurales hoy en día. Sin embargo, hacia mediados de la década de 1960 la revolución de la biología había ya demostrado que nada era más ajeno a la verdad. Los organismos, desde las ratas hasta los seres humanos, nacen con todos los anticuerpos que podrían tener. El organismo no responde a las instrucciones del entorno: el antígeno invasor selecciona un grupo de anticuerpos ya presentes en el organismo, que son amplificados y producen la clásica respuesta inmune. La complejidad del sistema inmune es innata. La complejidad de la mente también.

Niels Jerne, inmunólogo brillante, laureado con el premio Nobel, desempeñó un papel primordial al alertar a los neurocientistas acerca del valor de los mecanismos biológicos como la selección natural para entender cómo el cerebro habilita la mente. Jerne señaló que, no obstante la perdurable creencia en que los procesos biológicos dependen del aprendizaje, cada vez que observamos un proceso biológico opera la selección, no la instrucción. Por ejemplo, en 1977 los pinzones de las islas Galápagos padecieron una dura sequía. Los de pico largo podían acceder a mayor

variedad de alimentos. Al cabo de una o dos generaciones, murieron los pinzones de pico corto y los de pico largo pasaron a ser un rasgo dominante de la población. El cambio no se produjo porque los pinzones menos dotados fueran incapaces de aprender a alargar el pico para obtener alimento, sino porque la característica genética del pico más largo fue rápidamente seleccionada. Algo análogo ocurre en la conocida mutación de las cepas bacterianas cuando los antibióticos son mal dosificados. Aunque la mutación parece resultar de un aprendizaje (como si el entorno "instruyera" al cuerpo), en realidad opera la selección.

Jerne conjeturó la ocurrencia de un proceso similar en el sistema nervioso. Quizá gran parte de lo que suponemos aprendizaje (el cuerpo recibiendo instrucciones del entorno) se vincule más con la selección. Jerne sugirió que un organismo posee una pluralidad de redes neurales genéticamente determinadas para ciertos tipos de aprendizaje. Al aprender, el sistema elige entre una serie de respuestas preinstaladas, buscando la más apropiada para enfrentar el desafío externo.

Una modificación más cognitiva de la idea de Jerne debería incluir uno de los hallazgos clave de la ciencia cognitiva en los últimos cuarenta años. A diferencia de las muñecas parlantes, no seleccionamos ideas prefabricadas ni elegimos frases en algún reservorio de enunciados. Construimos sentencias por combinación –tal como mostró Chomsky– con un aparato computacional que

amalgama de manera recurrente elementos preestablecidos para erigir estructuras cada vez más vastas. Lo mismo sucede con el pensamiento: los dispositivos humanos para enfrentar nuevos desafíos poseen al parecer una infinidad de soluciones. Pero son innatos, vienen incorporados y el organismo apela a ellos para solucionar problemas nuevos.

La hipótesis de Jerne (modificada o no) es temeraria, pero es coherente con mucho de lo que hoy sabemos de cerebros, conducta animal, desarrollo psicológico, evolución y neuropsicología humanas. El cerebro es una colección de sistemas diseñada para cumplir funciones que contribuyan a potenciar el éxito reproductivo, su meta primordial. Como observara hace algunos años el psicólogo Paul Rozin, tal como es posible considerar la inteligencia como un fenotipo e identificar la multitud de subprogramas que contribuye a una determinada pericia, se puede postular que la cognición humana es un fenotipo e identificar subprogramas que configuren las características de la actividad cerebral. La singularidad de la experiencia humana resulta de la acumulación de circuitos adicionales.

• • •

El divertido Henny Youngman solía decir que "el momento oportuno es todo". Debería ser posible conjeturar que el cerebro, atestado de magníficos

dispositivos, cumple sus tareas automáticamente y antes de que nos percatemos. Pues bien, así es. Y no sólo existen los mecanismos automáticos: el cerebro prepara las células para emprender acciones decisivas mucho antes de que siquiera empecemos a pensar en tomar una decisión. A veces estos procesos automáticos se entrampan y generan ilusiones: éstas nos permiten observar cómo operan los procesos automáticos. Es tanta su eficiencia que somos incapaces de interrumpirlos: siguen su curso y los vemos actuar. Por consiguiente, debemos concluir que forman parte (y gran parte) de nosotros.

El sistema motor, el que ejecuta las decisiones del cerebro acerca del mundo, está ajeno a nuestras percepciones conscientes. Por suerte, porque estas percepciones a menudo son tan erróneas que sería desastroso que nuestra vida dependiera de ellas. Estaríamos mejor si el cerebro reaccionara ante datos sensoriales reales, no ante los ilusorios.

Si tantos procesos son automáticos, deben funcionar aparte de nuestra percepción consciente. Pero hemos llegado a creer que la sección de nuestro cerebro que registra mayor crecimiento, la corteza cerebral, está reservada para la actividad consciente. Hasta los neurocientistas han errado en este punto. La corteza cerebral está plagada de procesos inconscientes, igual que las partes más arcaicas del cerebro.

Imagine que el destino le ha sido adverso y padeció un ataque de apoplejía. Pudo haber sido

peor, pero destruyó el sistema visual primario de su hemisferio derecho. Ya no puede ver nada a la izquierda de su foco visual. Con todo, los hallazgos de los últimos veinte años sugieren que, pese a no ver conscientemente en ese campo ciego, su mano y hasta su boca pueden responder a estímulos que allí se presenten. Los sujetos que presentan esta condición –denominada "visión ciega" (*blindsight*)– reaccionan a dichos estímulos sin advertirlo. Para explicar esta rareza, los investigadores postularon que la corteza no lleva a cabo la tarea, sino las zonas profundas, entenebradas, filogenéticamente arcaicas del mesencéfalo* o cerebro medio. Esperaban haber localizado el sitial de los procesos automáticos, lo que tal vez permitiría examinar el inconsciente. Aunque la promesa era magnífica, la idea fue cuestionada y es probable que sea errónea. No es necesario buscar el inconsciente en el mesencéfalo. Está situado más arriba, en la corteza, donde pertenece.

Desde que Freud introdujo sus ideas psicodinámicas, el inconsciente fascina a todo el mundo. Allí, en esa incógnita provincia de nuestra vida mental, se asocian las ideas, se ven las verdaderas relaciones entre los hechos, se trazan los planes.

* El mesencéfalo o cerebro medio es una subdivisión cerebral derivada de la vesícula cerebral media del cerebro embrionario, de la que se desarrollan la protuberancia anular y los tubérculos cuadrigéminos. Metencéfalo es la porción del encéfalo primario en la que se desarrollan el puente de Varolio y el cerebelo. (N. del T.)

Aunque Freud jamás especificó qué partes del cerebro gobiernan el inconsciente, la presunción tácita y a veces la afirmación explícita es que las comarcas más arcaicas y rudimentarias realizan la tarea. La conciencia se afincaría en la corteza cerebral, ese vasto manto que recubre las regiones cerebrales más antiguas, el mesencéfalo y el metencéfalo. Pero, dice la teoría, los enigmas de la vida –los actos ajenos a nuestra percepción consciente– bullen en las tenebrosas profundidades de abajo.

Sumidos en el entusiasmo colectivo que despierta esta noción simplista, nos equivocamos en un punto fundamental: el 98% de la actividad cerebral ocurre fuera de nuestra conciencia. Nadie negará que casi todas nuestras actividades sensoriales y motrices son planeadas y ejecutadas de modo inconsciente. Mientras tecleo esta frase no sé cómo el cerebro me dirige los dedos hacia las teclas correctas. Tampoco sé por qué ese pájaro posado en el marco de la ventana –cuyo perfil debo haber divisado con mi visión periférica– distrajo mi atención mientras continúo escribiendo estas palabras. Lo mismo sucede con las conductas intelectuales. Cuando escribo, no tengo conciencia del modo como diversos mensajes neuronales surgen de distintas partes de mi cerebro y son programados para estructurar algo parecido a un argumento racional. Sólo sucede.

Sin duda sólo advertimos algunas actividades ejecutadas en nuestra vida "consciente". ¿Creemos

de verdad que controlamos el proceso cuando utilizamos una palabra y de pronto otra palabra relacionada aparece en nuestra conciencia? La mente experimenta enormes dificultades para controlar el cerebro automático. A todos nos ha sucedido despertar a las tres de la mañana preocupados por esto o aquello, con una sensación alarmante que se agudiza en la oscuridad. Todos hemos intentado alejar esos pensamientos y recobrar el sueño. ¿Resulta fácil?

Todos hemos sentido cómo aflora nuestro interés por algún desconocido que nos parece atractivo. Lo que sigue es una pugna por desconectar los circuitos cerebrales –instalados en nuestras profundidades por la evolución– que mantienen vivo el deseo de reproducirnos. Apartando la posibilidad de pasar una vergüenza, la mente evita las demandas automáticas del cerebro y logra mantener el control. La sociedad nos marca con otras representaciones cerebrales, y de este modo no estamos por completo a merced del sistema cerebral reproductivo. O por lo menos preferimos creer que así es.

¿Por qué a algunos nos complace tanto ir a trabajar? Nuevamente está operando el cerebro. Sus circuitos precisan atención y desean solucionar problemas. ¿Y qué sucede cuándo llega la comida dominical, con vinos finos, alimentos deliciosos y conversaciones estimulantes? Otra vez se hace presente el Señor Cerebro. Es probable que después de comer quiera dormir.

La relación entre nosotros y nuestro cerebro se manifiesta de modo eminente cuando advertimos la incapacidad de la mente para controlar el cerebro. El yo consciente semeja un tutor ineficaz, cuya responsabilidad es llevar la cuenta de múltiples impulsos cerebrales que transitan simultáneamente en toda dirección. Y con todo, la mente también es el cerebro. ¿Qué sucede?

Al parecer, en nuestro interior se desarrolla sin pausa una narración privada. En cierta medida, consiste en el esfuerzo por esbozar un todo coherente a partir de los miles de sistemas que hemos heredado para enfrentar desafíos. El novelista John Updike reflexiona acerca del tema en su libro *Self consciousness*:

> "La conciencia es una enfermedad", dice Unamuno. La religión puede aliviar los síntomas; una religión, por supuesto, en sentido amplio, no bajo la forma de ortodoxias bárbaras y atroces sino bajo la forma de cualquier sistema privado, sea la adoración por Elvis Presley o el odio por las armas nucleares, el fetichismo de la política o la cultura popular, que sumergen en una preocupación trascendente los tétricamente finitos sucesos de nuestro caso humano individual. ¡Cuán fértil es la imaginación religiosa, cuán fervoroso el apetito de sentido! Permite que los dioses crezcan en cualquier matorral. La astrología, los ovnis, la resurrección, la telekinesia, las visiones en el espacio y

> el vudú florecen en los tabloides que compramos junto con nuestras provisiones. Enamorarse –esto es, mitificar a la persona amada y cuanto la toca–, es una religión inventada, y religiosa también es nuestra insistencia (contra toda evidencia poscopernicana o posdarwiniana) en que no somos un accidente insignificante insertado en un universo vasto y sin causa, en creer que nuestra vida es una historia con un proyecto, una moral y una inevitabilidad, en que, como dijo Emerson, "una hebra recorre todas las cosas: todos los mundos se ensartan en ella como perlas; y los humanos, los acontecimientos y la vida sólo nos llegan gracias a esa hebra". En otras palabras, queremos que nuestra subjetividad domine la realidad externa mediante arcanos laberintos y que el universo posea una estructura personal.

En efecto. ¿Y qué suministra nuestro cerebro a esa hebra? ¿Qué sistema vincula el abundante *output* de miles y miles de sistemas automáticos para esculpir nuestra subjetividad y entregar una historia personal de cada uno de nosotros?

Un sistema especial efectúa esta síntesis interpretativa. Situado sólo en el hemisferio izquierdo del cerebro, el *intérprete* busca la explicación de los hechos internos y externos. Se vincula con nuestra capacidad general para percibir la relación entre acontecimientos contiguos. El intérprete, especialización incorporada "de fábrica", opera

sobre la actividad de otras adaptaciones intrínsecas a nuestro cerebro. Es casi seguro que las adaptaciones se domicilian en la corteza, pero operan del todo ajenas a la conciencia, como la mayoría de nuestras actividades mentales.

El hallazgo del intérprete en el hemisferio izquierdo ocurrió durante un test conceptual simultáneo durante el cual presentamos dos dibujos a pacientes con cerebro dividido, esto es, con sus dos hemisferios quirúrgicamente escindidos. Mostramos una imagen exclusivamente al hemisferio izquierdo y la otra al derecho. Luego presentamos al sujeto una serie de dibujos y le pedimos que eligiera los que se correspondían con los primeros. En un ejemplo, presentamos la imagen de una pata de pollo al hemisferio izquierdo y un paisaje con nieve al derecho. La asociación correcta era un pollo para la pata y una pala para la escena de nieve. Un paciente reaccionó eligiendo una pala con su mano izquierda y un pollo con la derecha. Cuando le preguntamos por qué había elegido aquellos elementos, su hemisferio izquierdo respondió: "Muy fácil. La pata de pollo corresponde al pollo y necesito una pala para limpiar el gallinero". En este caso, el hemisferio izquierdo, observando la respuesta de la mano izquierda, elaboró la réplica más coherente con su ámbito de conocimiento, esto es, una que no incluye información alguna acerca de la escena de nieve.

Lo asombroso es que el hemisferio izquierdo es perfectamente capaz de decir algo como "en

realidad, no sé por qué elegí la pala; escindieron mi cerebro, ¿recuerdas? Es probable que hayas mostrado algo a la mitad silente, lo que me sucede todo el tiempo. Sabes perfectamente por qué no puedo decir lo que motivó mi elección de la pala. Deja de preguntar tonterías". Pero no lo dice. El hemisferio izquierdo inventa una historia para convencerse y convencernos de que mantiene el control.

El intérprete influye en otras capacidades mentales, por ejemplo en la precisión evocativa: por su culpa nuestros recuerdos son imprecisos. Sabemos esto gracias a estudios de neuropsicólogos. Mi anécdota favorita proviene del estudio de las dos mitades cerebrales de pacientes con cerebro dividido. La precisión de la memoria se ve influida por el hemisferio que se usa: sólo el izquierdo cuenta con un dispositivo que interpreta, afectando la exactitud de los recuerdos. El hemisferio derecho es incapaz de hacerlo. Consideremos lo siguiente:

Cuando mostramos fotografías de sucesos comunes –levantarse por la mañana, o cocinar galletas– a un sujeto con el cerebro escindido y luego le pedimos identificar si las fotografías de una segunda serie estaban en la primera, ambos hemisferios fueron precisos y reconocieron las fotografías que habían visto y rechazaron las no vistas. Cuando le mostramos fotografías relacionadas, pero *que no había visto antes,* sólo el hemisferio derecho se desempeñó bien. El izquierdo "recordó" más fotografías, posiblemente porque se adecuaban al

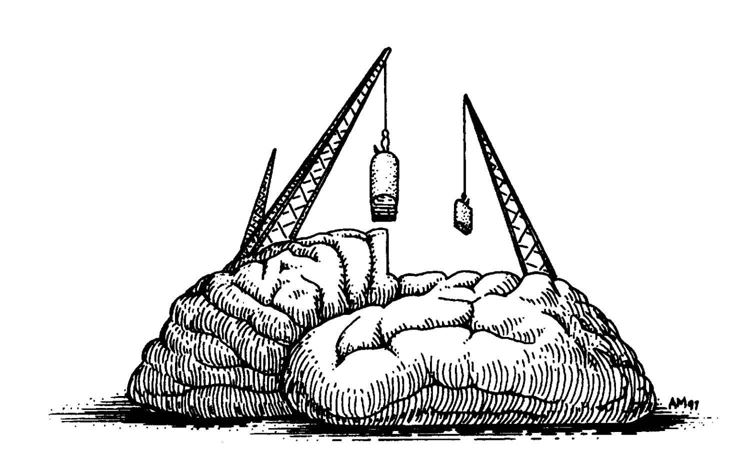
escenario que había construido en relación con el suceso. Este descubrimiento es coherente con la idea de un intérprete en el hemisferio izquierdo, que erige teorías para asimilar en un todo comprensible la información percibida. Su elaboración, empero, tiene efectos negativos en la fidelidad de los recuerdos.

¿Qué tiene de adaptativo el contar con esta especie de narrador en el cerebro izquierdo? ¿Acaso no es mejor decir siempre la verdad? De hecho, somos malos mentirosos. Nos invade la ansiedad, la culpa, la sudoración. Como observó Lillian Hellman, la culpa es una buena cosa: nos mantiene en el camino recto. Con todo, el intérprete trabaja en otro nivel: intenta mantener la coherencia de nuestra historia personal. Para lograrlo, debemos aprender a mentirnos.

Robert Trivers lo dijo hace años, como recordé en mi último libro, *Nature's mind.* Para convencer a alguien de la veracidad de nuestra historia, primero nos debemos convencer nosotros mismos. Precisamos de algo que amplíe los hechos reales de nuestra experiencia y los inserte en un relato coherente que corresponda a la imagen propia que durante años nos hemos ido construyendo en la mente. La narración resultante nos permite creer que somos buenos, que gobernamos, que anhelamos ser mejores. Tal vez sea el mecanismo más sorprendente del ser humano.

Acompáñenme mientras me interno en el laberinto de la mente y del cerebro. Permítanme

explicarles por qué pienso que nuestro intérprete está reconstruyendo las actividades automáticas del cerebro. Les diré de qué manera está construido el cerebro, cómo se equivoca, cómo hace las cosas por nosotros y cómo elaboramos un relato que nos permite creer que estamos al mando. No sé si tengo razón en todo, pero estoy seguro de no equivocarme en todo...



# 2. Construcción cerebral

La realidad que proclamaría a todos los vientos es ésta: la Buena Vida nos espera, ¡aquí y ahora!... En este instante preciso poseemos las técnicas, tanto materiales como psicológicas, para crear una vida plena y satisfactoria para todos.

B. F. SKINNER, *Walden Dos*

La Casa Blanca, 1997: bajo un sol primaveral, Bill y Hillary Clinton patrocinan una conferencia acerca de bebés y cerebros. Deseosos de complacer al Presidente y a la Primera Dama, psicólogos y neurocientistas esbozan un atractivo cuadro del desarrollo cerebral, cuyo mensaje es que leer cuentos a los bebés es altamente beneficioso. La afirmación pareció tan razonable que el *New York Times* publicó un editorial proclamando que la neurociencia aseveraba que durante su desarrollo el cerebro requería de un modelado y que la herramienta más adecuada para ello era la lectura. Qué buena noticia. Un cerebro cualquiera puede ser configurado para cualquier cosa. ¿Cómo no habría de ser beneficioso acompañar al bebé y leerle cuentos, si lo afirman los neurocientistas y el *New York Times*?

Argumentos triviales como éstos enfurecen a los científicos serios. En la neurociencia abundan las observaciones certeras sobre el desarrollo cerebral y los psicólogos desarrollistas realizan ingeniosos experimentos para definir la naturaleza de la mente infantil. Pero no existe evidencia alguna

de que leer cuentos a los niños genere mejores cerebros. Muchos científicos estudian hasta qué punto la construcción cerebral se apoya en pautas genéticamente determinadas y cuántas conexiones neurales pueden ser modificadas por la experiencia. La mayoría de los estudiosos del desarrollo encefálico opina que es un proceso ordenado que genera un dispositivo de alta complejidad, en gran medida ya configurado al momento de nacer. Sin embargo, los científicos que estudian el cerebro adulto en niveles moleculares y celulares tienden a creer en la plasticidad, es decir en la reordenación de la circuitería cerebral mediante la experiencia. Yo mismo organicé un seminario acerca del tema. Después de oír durante tres días las controversias entre los paladines de ambos bandos, quedé perplejo: las explicaciones eran tan enigmáticas que, por decir lo menos, cabía preguntarse si todos hablaban del mismo órgano.

Brian Smith, especialista en computación de la Universidad de Indiana, revisó los grandes temas del desarrollo mental y acusó a sus colegas de discurrir en un nivel de análisis para pasar abruptamente a otro nivel en la mitad de una frase; consternó a los auditores. Estos comentaristas científicos no tienen interés ni capacidad para explicar los pasos intermedios. Smith comparó esta tendencia con un diodo que pasa súbitamente de un estado *X* a un estado *Y*. Está bien para los diodos, pero no para el razonamiento humano. Es inadmisible estar hablando de desarrollo cere-

bral y concluir de improviso que es ventajoso leer cuentos a los niños. A pesar de traer a colación fenómenos fascinantes, es probable que quienes arguyen a favor de la plasticidad vean en esos análisis más de lo que contienen. Aún quedan por esclarecer miles de peldaños intermedios.

Consideremos, por ejemplo, al editorialista del *New York Times.* Apenas oye las conjeturas de los científicos, las transmite al público sin previo examen. Pero antes debería preguntarse, por lo menos, algo como: "¿así que el cerebro reacciona de manera diferente ante un padre que lee cuentos y ante los Rolling Stones que resuenan en la radio?". Enfrentado a esta sencilla interrogante, el hombre de ciencia huiría azorado, pues ningún estudio ha logrado establecer una disparidad en los patrones de desarrollo cerebral conforme a ambas experiencias. Decir que el cerebro se beneficia de manera específica con la lectura es llevar lo políticamente correcto a un extremo grotesco.

El editorial del *New York Times* también recurrió a una nota anterior del periódico, donde el doctor William Staso –psicólogo escolar de Orcutt, California, autor de un libro titulado *What stimulation your baby needs to become smart*– expone sus conclusiones. La nota en cuestión destaca en un recuadro que el doctor Staso "se ha convertido en un experto en desarrollo neurológico". Staso y el periodista apoyan su aserto en un estudio bastante absurdo, cuya moraleja es que el volumen de información verbal que recibe el bebé es crucial

para su éxito en la vida. La afirmación se funda en que los hijos de padres profesionales escuchan un promedio de dos mil cien palabras por hora, los de jornaleros una media de mil doscientos, y sólo seiscientas los niños de quienes se acogen a la Seguridad Social. ¿Cómo no van a tener más éxito –concluye la encuesta– los hijos de profesionales, si desde su más tierna infancia están expuestos a la lectura? La investigación es risible y muestra el influjo de lo políticamente correcto en la ciencia.

Existen muchas disparidades entre las clases altas y bajas, incluyendo los genes. La elocuencia innata es una vía para ingresar y permanecer en las clases altas. A la inversa, la torpeza verbal permite vaticinar una movilidad descendente. Es probable que los padres más locuaces tengan hijos exitosos porque comparten los mismos genes relacionados con hablar y escribir. Un estudio serio exigiría examinar sólo a niños adoptados o a padres y sus hijos dados en adopción. Mi apuesta es que la correlación se da en los genes, no en la educación. Esto se repite en todos los terrenos.

Ampliando el argumento del presidente Clinton, el *New York Times* citó a Patricia Kuhl, normalmente talentosa psicóloga de la Universidad de Washington, quien declaró: "Hoy sabemos que las conexiones neurales se establecen muy temprano en la vida y que el cerebro infantil literalmente espera la experiencia para definir su ensamblaje. Es un descubrimiento muy reciente. Por

ejemplo, a los seis meses los niños reconocen los sonidos de su lengua materna". Lo interesante es que el *New York Times* califica a Kuhl de neurocientista, no de psicóloga, y luego recomienda al Estado intervenir la vida de los infantes a una edad más temprana. Es indudable que la gente asimila cosas y el que aprende es el cerebro. Pero decir que el cerebro espera información es una tontería. Afirmar que los bebés reconocen los sonidos de su lengua materna no significa que leerles cuentos mejore sus estructuras cerebrales.

Esta pasión lectora tiene sus raíces en añejas observaciones en ratas, que mostraban cuánto más desarrollados parecían sus cerebros si crecían en un entorno enriquecido y no en una jaula aislada. Las pones con amigos, juguetes y mucha acción y... ¡bingo!, obtienes una espesa corteza. Por lo tanto, lee a tus hijos y... Ahora bien, cualquier asistente social sabe que el entorno familiar de cualquier niño pobre de ciudad ofrece múltiples estímulos al niño: familias ampliadas, muchos hijos, televisión continua y todo tipo de problemas cotidianos que deben ser resueltos. A la inversa, la calma hogareña del barrio residencial acomodado sería el lugar más adecuado para realizar un experimento sobre el síndrome de privación sensorial.

Pero la necesidad de satisfacer ciertas normas políticas inficiona el pensamiento científico, y cuando la ciencia se mezcla con objetivos sociopolíticos el investigador suele perder el control. Puede que presente sus conclusiones bajo una luz

placentera para el sistema político del que depende. Es un problema al que se enfrentan día a día los científicos con espíritu de servicio público. Pero no es fácil ser objetivo y veraz, sobre todo en presencia del Presidente.

Por cierto, leer cuentos a los niños no es dañino; es algo bueno porque estimula la cultura y las relaciones interpersonales, además de suministrar información. Con todo, el puente entre neurociencia y educación es un puente muy largo. No lea a sus niños porque crea que con ello construye mejores cerebros. Léales porque desea estar con ellos y empezar su educación. Leer es excelente. Nuestra cultura ya no parece capaz de decir "la lectura es buena para ti". Hoy todo se refiere al idioma de la salud: "La lectura es buena para el cerebro". Al parecer la gente ignora que la lectura es, en sí misma, un placer.

En toda descripción del parentesco mente-cerebro resulta crucial saber cómo está construido el cerebro y cuán vulnerable es al cambio, tema demasiado importante para ser discutido en los salones de la Casa Blanca. ¿Es posible manipular ciertos sucesos clave que acaecen durante el desarrollo para conseguir mejor cerebro y mente? ¿Puede suceder algo que genere un peor cerebro-mente? ¿El desarrollo cerebral es independiente de los sutiles influjos del entorno?

Estos temas se manejan en dos contextos intelectuales. Tal como vimos en el capítulo 1, los psicólogos tradicionales atribuyen un papel preponderante

al aprendizaje asociativo en el desarrollo normal del adulto. Los empiristas británicos, desde John Locke, postularon que las ideas se vinculan entre sí: la mente infantil se construye desde asociaciones simples y cada idea desarrollada se enlaza con otras. Sobre esta base, y durante la primera mitad de este siglo, los psicólogos experimentales norteamericanos dictaron las normas del aprendizaje.

Las ciencias naturales y últimamente la biología evolucionista plantean un enfoque diferente. Aunque durante años los conductistas destacaron los ingeniosos sistemas que desarrollan los animales para enfrentar los desafíos de su hábitat, hoy los etólogos piensan que las criaturas nacen con una complejidad que fue establecida por los mecanismos de la selección natural.

Es probable que la pugna entre estos dos enfoques tenga para largo. Todos agregamos a los datos objetivos una visión implícita del universo. Propensiones políticas y sociales, personales o formales, sesgan nuestro razonamiento y tornan crítica o absurda cualquier observación según sea nuestra conveniencia. Esta actitud es contraria a la ciencia y debemos superarla si pretendemos obtener un cuadro preciso del funcionamiento cerebral. La evolución es la clave.

Todo discurso acerca de la evolución parte de una interrogante: ¿para qué sirve tal o cual estructura? Por ejemplo, si estudias la evolución del riñón, debes saber qué función cumple (secretar orina, desechar basura) para tratar de deducir cómo ha

evolucionado. Lo mismo vale para el cerebro. Ahora bien, la mayoría de los neurocientistas se ha mostrado incapaz de resolver la interrogante, pero los biólogos evolucionistas pueden dar la respuesta sin vacilar: el cerebro sirve para tomar decisiones destinadas a asegurar el éxito reproductivo. Para eso está hecho, ni más ni menos. La capacidad para realizar esa tarea le permite desempeñar muchas otras por añadidura, y estas son las que los investigadores han estudiado mientras dejaban de lado la pregunta básica. Ahora bien, si entendemos que sólo es posible explicar el cerebro viendo cómo maneja la información y cómo toma decisiones, logramos penetrar el secreto del vínculo mente-cerebro. El cerebro no es primordialmente un dispositivo para acumular experiencias que transforman sin pausa su configuración para acomodarse a la experiencia. Desde la perspectiva evolucionista, es un dispositivo computacional dinámico, gobernado por reglas establecidas: acumula información manipulando simples variables aritméticas.

Por fortuna, hoy existen estudiosos de las ciencias psicológicas que buscan fundamentar este enfoque. Empiristas de antaño adoptan hoy la teoría evolucionista. Epítome entre ellos es el psicólogo Randy Gallistel, de la Universidad de California. A pesar de haberse formado al alero de las teorías asociativas tradicionales, Gallistel se dio el trabajo de dominar el punto de vista biológico para luego verter este conocimiento en el meollo de la psicología. A partir de la esencia de la teoría evolucionista, articuló

una sólida perspectiva para considerar el substrato biológico del desarrollo normal y el aprendizaje.

En marcado contraste con la noción de un dispositivo cerebral multifuncional que puede ser entrenado para hacer casi todo, está el concepto biológico, muy arraigado, de especialización adaptativa. Tu cuerpo contiene una constelación de mecanismos organizados jerárquicamente, todos construidos para satisfacer ciertas necesidades. Por ejemplo, la rodopsina* transforma la energía lumínica en energía neural e información. La hemoglobina es un elemento químico que lleva oxígeno a todo el cuerpo. Las moléculas de rodopsina no pueden cumplir las funciones de la hemoglobina o viceversa: cada cual se adapta a su tarea específica.

La zona del cerebro encargada del lenguaje no puede reconocer rostros, y el área capaz de reconocer rostros nada sabe de lenguaje. Un reciente estudio de imágenes cerebrales observó a pacientes afectados de afasia.** Dos años después del ataque

* Rodopsina: pigmento de color rojo púrpura que se halla en los bastoncillos de la retina y que facilita la visión con luz tenue. (N. del T.)

** Afasia: defecto del lenguaje consecutivo a una lesión cerebral que perturba el empleo de las reglas precisas para la producción y/o comprensión de la palabra. P. Broca (1865) "*Sur la faculté du langage articulé*" la sitúa en la tercera cisura frontal del lóbulo izquierdo y C. Wernicke (1874) *Der aphasiche Symptomencomplex* la emplaza en la porción trasera del lóbulo temporal izquierdo. Para una descripción reciente de la neuroanatomía del lenguaje ver A. Damasio y H. Damasio (1992) *Scientific American,* 267:89-95. (N. del T.)

cerebral, algunos eran capaces de emplear el lenguaje y otros no. Estos hallazgos clínicos normalmente servían para sugerir que otra parte del cerebro tomaba el relevo del área dañada. Sin embargo, el examen de resonancia magnética reveló que los pacientes irrecuperables mostraban activación en el hemisferio derecho. Aquellos que se restablecían mostraban activación en la zona circundante al daño, en el hemisferio izquierdo. Quizás el hemisferio derecho luchaba por recobrarse, pero dando palos de ciego. La mejoría resultaba de las áreas aledañas a la lesión original, no de la participación del otro hemisferio.

Por desgracia, cuando los investigadores analizan la habilitación de la mente por el cerebro suelen ignorar la verdad fundamental de la especialización molecular. ¡Como si el cerebro no fuera parte del sistema biológico! El enfoque preferido era (y en ciertos sectores sigue siendo) que nada es específico en el cerebro: llega de la fábrica sin adaptaciones preinstaladas. Todo debe serle enseñado. Por eso son tan importantes la enseñanza y el entorno. Y por supuesto, la necesidad de leer cuentos a los bebés...

• • •

¿Por qué tantos científicos rechazan o por lo menos se resisten ante la idea de la especialización adaptativa? Pues bien, imaginemos que decidimos estudiar cómo aprende el tejido neural. Desde ya,

esto significa que trabajamos en un ambiente de laboratorio y estamos limitados por las reglas de la ciencia, cuyos experimentos requieren un principio, una fase intermedia y un final. Tenemos el sistema nervioso de un animal "simple". Colocamos un electrodo en un punto determinado y estimulamos ciertas neuronas. Fase inicial. En otro punto tenemos un electrodo que registra información a partir de las neuronas que de alguna manera se conectan con las que estimulamos. Fase intermedia. Repetimos esta operación varias veces y empezamos a ver relaciones en las respuestas de los electrodos registradores. *Et voilà*! Llegamos a la fase final. ¡Queda demostrado que los sistemas nerviosos pueden aprender y ser condicionados para desempeñar cualquier tarea!

Pensemos en todos esos experimentos de Pavlov y Skinner, pasando por el conductismo contemporáneo como lo practican los cientistas computacionales. Un estímulo neutral, denominado *estímulo condicionado,* se compulsa con una descarga eléctrica o una gratificación, el *estímulo incondicionado.* Esta lóbrega terminología describe cómo ocurre el aprendizaje. El estímulo condicionado, por ejemplo una luz, se torna prominente para un animal determinado porque se asocia con el estímulo incondicionado, que es un evento motivador negativo o positivo. Cuando es positivo, el animal se aproxima al estímulo. Si es negativo, el animal lo evita. En cada instancia ocurre un aprendizaje. Este paradigma fue aplicado hasta

el cansancio y se probaron todas y cada una de sus variables; de allí salieron las leyes asociativas.

Es irrefutable que en este tipo de situación los animales pueden "aprender", esto es, que en el laboratorio las neuronas responden de manera ordenada y prescrita. Pero es erróneo aseverar que estas demostraciones –efectuadas en animales y neuronas en condiciones experimentales– prueban que el cerebro humano está en punto muerto hasta que recibe información del entorno. Lo único que nos dice este tipo de investigación es cómo el cerebro adaptado reacciona ante contingencias artificiales. Pero de nada sirve en lo concerniente a la organización del sistema biológico. Incluso la enseñanza de las asociaciones más simples a un gato de laboratorio exige cientos de pruebas condicionantes. Cuando el gato se mueve en el ámbito natural, un solo intento le enseña que la reja está electrificada y produce una descarga cuando la toca. Los fenómenos de laboratorio apenas indican que el cerebro, como el cuerpo, es una colección de sistemas de aprendizaje adaptados y aglutinados para permitir respuestas específicas ante desafíos específicos. De hecho, ocultan el verdadero modo como está construido el cerebro para adquirir información del entorno.

En ningún terreno es más obvio que en los estudios acerca de la memoria humana. Inficionadas por el rechazo de los psicólogos a comenzar sus programas de investigación con la interrogante básica de para qué sirve, las exploraciones de la

memoria suelen deslizarse hacia fenómenos que escasa relación tienen con la forma como el cerebro maneja los recuerdos. La perspectiva evolucionista sostiene que la función principal de la memoria es localizar objetos en el espacio. ¿Dónde escondí la comida? ¿Dónde está mi madriguera? ¿Dónde está el lugar del cual salí para buscar alimento? ¿Dónde vi esa persona tan atractiva? Basta pensar lo fácil que es recordar dónde aparcamos nuestro automóvil cada mañana. Por la tarde volvemos directamente, sin ningún tipo de ensayo previo.

• • •

Este tipo de memoria contrasta agudamente con el aprendizaje de sílabas sin sentido, el tipo de tarea que se efectúa en laboratorio. Si de madrugada nos dijeran una sílaba carente de significado, ¿podríamos recordarla al atardecer sin practicarla? Aunque el cerebro puede recordar cosas así, no lo hace de manera natural. Pero los psicólogos experimentales se preguntan después cómo interferir en el aprendizaje de sílabas incoherentes. Desarrollan un programa de investigación y definen un concepto. Un buen ejemplo es el concepto de "interferencia proactiva": si un sujeto ejecuta una segunda tarea antes de que el investigador evalúe la primera, es probable que se vea afectado el procesamiento de aquélla. Cientos de experimentos demostraron que existe este tipo

de interferencia. Ahora bien, cuando Douglas Medin aplicó la interferencia a tareas de memoria espacial más evolucionadas no pudo observar secuela alguna. La verdad es que durante veinte años una generación completa de psicólogos estudió un fenómeno que acaso no tenga relación alguna con cómo y por qué el cerebro normalmente recuerda.

¿Qué ejemplos de adaptación confirman la perspectiva evolucionista de la organización cerebral? Gallistel suministra diversos ejemplos de adaptación recogidos en la literatura zoológica. Prefiero aquel que describe la conducta de la hormiga *Cataglyphis bicolor,* que habita el tórrido suelo del desierto tunecino. Este insecto posee la notable habilidad de regresar a su minúsculo refugio de un milímetro desde una distancia de cincuenta metros, la distancia que es capaz de recorrer en busca de alimento. Cuando la hormiga sale de cacería, zigzaguea hasta que encuentra algo. Sin embargo, una vez recogida la presa, regresa al hormiguero en línea recta. ¿Cómo hace?

Dos biólogos[10] lo entendieron cuando capturaron una hormiga cargada que retornaba a su madriguera. La transportaron a medio kilómetro de distancia, dejándola en el suelo, apuntando en la dirección correcta. Aunque estaba en territorio desconocido, caminó de inmediato hacia donde debía. Pero, precisamente a la distancia en que debería haber hallado su nido, se detuvo y empezó a buscarlo.

La hormiga empleó un simple cálculo de travesía, semejante al que utilizan los marinos. A intervalos regulares, el piloto de un barco registra la dirección del movimiento y la velocidad. Luego multiplica la velocidad por el intervalo anotado en el último registro de dirección y suma los intervalos para conocer el cambio neto de posición. Si al barco substituimos la hormiga, comprobamos que opera el mismo método.

Este análisis es significativo, esclarece el desempeño cerebral. La red neural, esto es, el conjunto de neuronas involucradas en la respuesta cerebral del himenóptero (o del humano), anota de alguna manera el valor de una variable continuamente mudadiza, digamos la velocidad. El cerebro debe almacenar un valor en algún tipo de memoria y luego, a partir de allí, suma o resta mientras el organismo avanza hasta la próxima posición. Conforme se realizan estos procesos, el dispositivo decisorio del sistema nervioso de la hormiga lee los valores. Cuando el insecto se vuelve para regresar a casa, su sistema nervioso lee los últimos datos registrados en los circuitos neurales y se encamina hacia su meta, igual que un robot.

La pequeña hormiga desbarata todas las fantasías acerca del aprendizaje, así como la noción de que las experiencias están codificadas en el cerebro como un nuevo par de zapatos guardados en un armario, en una caja rotulada. Según Gallistel, el insecto parece decirnos que entender el sistema nervioso como algo que busca ser físicamente

modificado por un cambio sináptico* estructural es pedir demasiado al cerebro. No hay que repetir cientos de ensayos condicionantes que graben allí cada vez más profundamente la memoria de una experiencia: ésta se representa como un conjunto de valores en una apretada estructura de neuronas. El sistema nervioso puede modificar su respuesta, pero la alteración no implica una metamorfosis estructural.

En el reino animal abundan adaptaciones que operan en un contexto de aprendizaje pero no en otro. Igual que las moléculas, cada una está fabricada para ejecutar su propia tarea. La vasta corteza cerebral humana está repleta de sistemas dispuestos, deseosos y capaces de ser utilizados para labores específicas. Más aun: el cerebro se construye sobre la base de férreo control genético.

. . .

Ahora bien, ¿se *desarrolla* el cerebro bajo control genético? ¿O su estructura es fácilmente maleable, si no durante toda la vida por lo menos en el desarrollo precoz? Por cierto, nadie se rebela porque la mosca, la hormiga, el mosquito o el saltamontes se desarrollen bajo un firme control

* La sinapsis es la región de comunicación y transmisión de impulsos entre el axón de una neurona y las dendritas o cuerpo celular de otra. (N. del T.)

genético. Al fin y al cabo, son sólo insectos, molestos autómatas de la naturaleza, sin duda determinados por sus genes. Los neurocientistas lo creen así y estudian los mecanismos genéticos y moleculares que permiten que estas criaturas posean un sistema nervioso tan exquisitamente conectado.

Pero veamos qué sucede en los vertebrados. Tomemos como ejemplo la rata, animal preferido en la investigación de laboratorio debido al gran tamaño de su cerebro, equipado con gran cantidad de neuronas capaces de procesar un volumen importante de información. ¿Cómo está construido?

En el apogeo de John Watson, el conductista norteamericano que aseveraba que todo niño podía llegar a ser cualquier cosa, los neurocientistas, liderados por el gran Paul Weiss, creían firmemente que la función antecedía a la forma. Aunque poco dijeron acerca del desarrollo central del cerebro, afirmaban que los nervios se adaptan a las cosas igual que las piernas y los brazos, esto es, de manera inespecífica. El animal comenzaría a utilizar el brazo como tal y ello instruiría a la neurona para que se convierta en una neurona de brazo. En otras palabras, el entorno aleccionaría a las neuronas acerca de lo que debían ser y hacer. En aquella época este enfoque dominaba la vida intelectual norteamericana.

Mi mentor, el brillante Roger Sperry, creía otra cosa. En variados y elegantes experimentos demostró que el sistema nervioso conoce innatamente

sus tareas. Trasplantó los nervios periféricos de ratas adultas, seccionando el nervio motor que inerva la pata izquierda y conectándolo al músculo que inerva la derecha. Cuando estimulaba la pata izquierda, ésta enviaba señales al cerebro, porque su nervio sensorial seguía intacto. Pero el cerebro retiró la recién inervada pata derecha, no la izquierda, lo que significaba que enviaba el mensaje al nervio de la pata izquierda, que ahora estaba conectado a la derecha. Esta condición no precisó de ningún entrenamiento o adaptación. En resumen, no había plasticidad. La rata no modificaba su conducta después de ser reconectada quirúrgicamente, aunque la antigua conducta creara problemas. No cambió porque no podía cambiar.

A continuación, Sperry ensayó con monos, y las cosas resultaron más interesantes. Invirtió los nervios del brazo de modo que cuando el animal quisiera flectarlo se estirara y viceversa. Al cabo de largo tiempo el animal pareció habituarse, pero era obvio que no había una adaptación real. El mono aprendió a pensar en flexión cuando quería retracción, y a la inversa. En su cerebro no se produjo ningún cambio plástico.

Cuando sus críticos lo interpelaron acerca del cerebro en desarrollo, Sperry empezó a trabajar con un animal que se puede observar durante el crecimiento: la carpa dorada. A diferencia de la rata, la carpa puede regenerar un nervio óptico destrozado. Sperry demostró que las nuevas neu-

ronas de su retina crecen en puntos específicos del cerebro. Cuando intentó desviarlas a zonas incorrectas, crecieron a través de éstas para conectarse en las zonas adecuadas. No pudo conseguir que las neuronas se asentaran donde no pertenecían. Concluyó entonces que el desarrollo cerebral se guía por una precisa maquinaria genética.

Algunos biólogos moleculares demostraron ingeniosamente la precisión del crecimiento de las neuronas. Corey Goodman[11] estudió los saltamontes, animalejos simples y genéticamente alterables, y confirmó que los axones perforan los tejidos inadecuados hasta alcanzar sus zonas específicas. Lo hacen gracias a una suerte de "sensibilización molecular" que interactúa entre el extremo del axón en crecimiento y la superficie de los tejidos que penetra. Incluso hay indicios de que ciertos químicos exudados en el área de destino atraen a los axones a la meta correcta: todo ello bajo un férreo control genético. Cuando existe una alteración en algunos genes, los axones vagan sin destino. En síntesis, el sistema nervioso del insecto parece conectarse antes de que aparezca algún *input* significativo, capaz de ejercer un influjo modificador. Goodman cree que algunas conexiones finas de las pequeñas dendritas en cada neurona pueden no hallarse bajo control genético. El papel que estas minúsculas conexiones desempeñan en el control de la conducta sigue siendo un misterio.

Sperry cree que, en animales de sistema nervioso más amplio y complejo, todas las conexiones entre las neuronas y su objetivo están controladas por mecanismos genéticos. Otros neurocientistas propenden a pensar que los factores ambientales también desempeñan un papel en este estadio de desarrollo. Todavía no conocemos la respuesta, pues no se sabe lo que allí sucede. Ni siquiera sabemos si las conexiones finas del árbol dendrítico alteran las acciones de un circuito neural más vasto. Pero ciertos indicios señalan que las perturbaciones en el ambiente normal de desarrollo de un organismo pueden alterar el patrón completo de ensamblaje.

En efecto, a principios de los años sesenta David Hubel y Torsten Weisel mostraron que el cerebro viene equipado con toda su circuitería. Describieron con gran precisión el sistema visual de los gatos y mostraron que las crías poseen idéntica organización, incluso antes de tener experiencias visuales. Estos admirables experimentos reforzaron la noción del control genético del desarrollo. El trabajo de Huberl y Weisel, que recibieron el premio Nobel junto con Sperry, generó otra idea poderosa: el desarrollo depende de la actividad.

Descubrieron que la organización normal del sistema visual puede modificarse mediante el sencillo recurso de tapar un ojo al animal desde que nace. Esto altera el patrón de conexiones neurales en la corteza visual (la mayoría de las neuronas, en vez de responder a informaciones recibidas

en los dos ojos, reacciona a los datos de uno solo). En otras palabras, el ensamblado neuronal de la corteza se modifica al cambiar la actividad natural de las neuronas que van de la retina a la corteza. El desarrollo normal está obviamente influido por la actividad neuronal; por lo tanto, es dependiente de esa actividad.

Otros científicos[12] han intentado demostrar el papel crucial de la actividad fisiológica en el desarrollo del sistema visual. Determinaron que la estructura gruesa del sistema visual se establece gracias a sistemas guiados genéticamente, pero que los detalles finos de la organización dependen de la actividad emergente en las neuronas conectadas. Sin embargo, el experimento es algo extraño. Estudia el desarrollo de la retina y sus conexiones con el cerebro antes de que funcionen los bastoncillos y los conos, elementos cruciales para la transformación de la energía lumínica en señales neuronales. A pesar de esta inmadurez, el nervio óptico, vínculo de la retina con el cerebro, ya está estableciéndose en el cerebro.

La idea de dependencia de la actividad reveló un hecho notable acerca del cerebro, pero no queda claro de qué manera contribuye a su desarrollo integral. Por ejemplo, desde la retina se envía a la corteza información acerca de color, forma y movimiento. El ordenamiento cortical de los datos es estereotipado y preciso; está localizado y unido en haces, en áreas cerebrales ya designadas. ¿Cómo sucede?

Se ideó una manera ingeniosa de estimular las neuronas de la retina mediante la implantación de electrodos en los nervios ópticos.[13] Se estimuló estas neuronas para que sincronizaran los impulsos nerviosos de un modo inusual. La pregunta era si el envío de un mensaje eléctrico incorrecto cambiaría la forma del desarrollo de la corteza visual. La respuesta conducía a otras interrogantes. Se encontró que, aunque los mensajes artificiales embrollaban la respuesta de células individuales, no cambiaba el desarrollo de los mapas visuales y de las regiones de haces del cerebro joven. Los mapas conocidos que existen en las regiones sensoriales del cerebro no mostraron alteración. Siguieron en el lugar debido, y vecinos a otros mapas. *

Además de construir el andamiaje básico del cerebro, los mecanismos genéticos controlan casi por sí solos las especificaciones conectivas; sólo el detalle de los ordenamientos corticales puede librarse a los efectos de la experiencia. Con todo, los llamados "efectos experienciales" son mera actividad cerebral, no necesariamente codifican información del entorno. La actividad cerebral no

* Las áreas cerebrales se designan con el apelativo de "mapas". Así por ejemplo, el mapa de Brodmann identifica ciertas zonas de la arquitectura del cerebro. Las neuronas se comunican entre sí a partir de un ordenamiento, y el trabajo de las neuronas depende, en parte, de la vecindad del conjunto neuronal al que pertenecen. (N. del T.)

es igual a los efectos de la experiencia o el ambiente. Como sugiere Wolf Singer, del Instituto Max Planck, de Francfort, es más probable que el cerebro utilice su propia habilidad de procesar información para construirse a sí mismo: una parte genera un patrón de prueba con el que otra se sincroniza.

Esto no quiere decir que la experiencia no influya en el sistema nervioso. Después de todo, yo hablo inglés, no japonés. Algo sé de neurociencia, no de historia clásica. Seguramente existe una suerte de plasticidad cerebral que nos permite aprender y almacenar información. Como dijo Santiago Ramón y Cajal, el más grande anatomista que haya existido, al término de una conferencia ante la Royal Society, en 1894:

> El órgano del pensamiento es, dentro de ciertos límites, maleable y capaz de perfeccionamiento, sobre todo durante su etapa de desarrollo, mediante gimnasias mentales bien guiadas [...] La corteza cerebral se asemeja a un jardín repleto de árboles, las células piramidales, que, gracias a un cultivo inteligente, pueden multiplicar sus ramas y hundir más y más sus raíces para producir flores y frutos cada vez más exquisitos.[14]

Sobre la base de las ideas de Ramón y Cajal y de otros como sir Charles Sherrington se postuló la divergencia del cerebro humano, que sería

más plástico y estaría menos condenado a seguir los dictados del genoma que el de otros animales. Algunos creen, como Terry Sejnowski, que el establecimiento mismo de las neuronas depende de la experiencia. Otros sostienen que sólo las sutiles interacciones de las minúsculas espinas dendríticas son capaces de reordenación y cambio. Habría que leer a esos bebés. Los patrones sonoros formarán un patrón neural ideal en el nervio auditivo, que potenciaría zonas corticales ocupadas durante la lectura. Por lo menos, eso dice la teoría.

Al explorar el desarrollo cerebral humano, es importante no perder de vista la falacia fundamental de quienes alegan plasticidad basándose en experimentos que perturban el desarrollo normal. Después de todo, la evolución ocurre en un medio. Las especies se transforman en lo que son, porque se adaptan a un determinado nicho ambiental. Cambia el nicho y la especie se adapta o muere.

Lo mismo vale para el cerebro. Se desarrolla en el medio fisioquímico del cráneo y está habituado a que los jóvenes nervios que hilvana sean estimulados de cierta manera. Los mecanismos genéticos que guían el crecimiento y la organización neural funcionan en este medio y es verosímil que dirijan la mayoría de los detalles del desarrollo. Ahora bien, si el medio es alterado por la intervención de neurocientistas astutos que estimulan neuronas de modos anormales y extrava-

gantes, el cerebro responde al nicho nuevo haciendo diferentes cosas. Pero no las hace de manera dirigida. Sólo reacciona diversamente, y de ahí que las redes resultantes sean distintas. Esta reacción no sugiere que el cerebro sea plástico, esto es, que haya reorganizado sus conexiones.

Pero sería erróneo ignorar un enfoque que predomina en algunos círculos. La opinión se fundamenta en fenómenos reales de laboratorio que han cautivado la imaginación de muchos científicos. Quizás el más brillante defensor de la plasticidad cerebral sea Michael Merzenich, de la Universidad de California, en San Francisco. Junto con sus colegas, demostró la plasticidad cortical mediante una variedad de experimentos. Uno de los más directos e impresionantes es la descripción del reordenamiento del área 3b en la corteza somatosensorial, zona que recibe informaciones de la mano. Se observó, en simios, que esa área cambia de forma después de la amputación de uno o dos dedos. Algunas semanas o meses después de la intervención, la representación topográfica de la mano se ha reorganizado y las neuronas que antes representaban al dígito faltante representan pequeñas regiones cutáneas en alguno de los dedos adyacentes. Descubrimientos similares se han registrado en la corteza auditiva primaria después de lesiones de la cóclea.

Estos trabajos promovieron otras investigaciones destinadas a reexaminar las reacciones de los amputados, un tipo de plasticidad muy discutida

en la literatura neurológica. Los pacientes suelen percibir la existencia de un "miembro fantasma". Aunque antes se los calificaba de histéricos, el estudio cuidadoso de veteranos de guerra indicó que el miembro fantasma es percibido casi siempre, y durante meses, años o décadas. Si existen los reordenamientos corticales en humanos, entonces es posible que el miembro fantasma active neuronas que antes lo representaban, y estimule una nueva superficie cutánea que haya tomado el relevo de la representación en el área de la extremidad amputada.

V. S. Ramachandran, de la Universidad de California, en San Diego, pensó que si eso era posible debía poder verificarse. En la organización de la corteza somatosensorial –la que recibe informaciones de la superficie del cuerpo–, las representaciones del rostro y la mano están contiguas. Si se producía una reorganización cortical en los pacientes, la estimulación del rostro y de la piel de los muñones debía activar regiones de la corteza que antes representaban la extremidad ausente. Esto debía producir sensaciones extrañas, en particular la de miembro fantasma. Fue exactamente lo que sucedió. Ramachandran estudió a un joven cuatro semanas después de que le amputaran un brazo por encima del codo. Bastaba rozar ligeramente su rostro con un bastoncillo algodonoso para que sintiera que le tocaban la mano inexistente. Es más, una observación más minuciosa mostró que el paciente sentía en la cara

el mapa de la mano amputada. En un golpe de efecto, Ramachandran cita otros dos casos:

> Una estudiante de neurociencia nos escribió después de sufrir la amputación de su pierna izquierda. La sensación de miembro fantasma aumentaba en ciertas situaciones, en particular durante el coito o la defecación. Un ingeniero de Florida que había sufrido la misma amputación señaló que su experiencia orgásmica "no se circunscribía a los genitales sino que se propagaba hasta el pie, lo que aumentaba su intensidad".

Tomados en conjunto, los estudios en animales y la observación de pacientes amputados confluyen en la noción de que la corteza cerebral puede ser modificada en el adulto, incluso de manera predecible según la naturaleza de la manipulación o desaferenciación. Puesto que aprendemos cosas, y los investigadores del cerebro creen que el aprendizaje se realiza en la corteza, resulta tentador fundir ambas ideas y postular que modificaciones corticales como las mencionadas constituyen el basamento y, es más, el mecanismo neuronal subyacente en la adquisición de destrezas. Aunque la idea es atrayente, no excluye que las reorganizaciones corticales sean una mera respuesta a lesiones traumáticas y no un ejemplo extremo de operaciones normales de la corteza cerebral. En otras palabras, es plausible sostener que el cerebro

no experimenta cambios estructurales durante la adquisición normal de habilidades.

Con todo, la evidencia sugiere que la modificabilidad cortical está directamente relacionada con la modificabilidad de la conducta. Pero también es posible que las reorganizaciones corticales reflejen variaciones dinámicas normales de la corteza, que permitan procesar nuevas informaciones para adquirir mejores habilidades perceptivas, motrices y cognitivas, y nuevas adaptaciones a un entorno cambiante. Si retornamos a la perspectiva evolucionista y al conocimiento (asaz escaso) de la selección natural para saber cómo llegamos a ser como somos, ¿cuál sería la ventaja adaptativa de la estimulación facial para reemplazar una mano perdida? Ninguna, por cierto. ¿Un hecho casual carece de significado en los mecanismos normales del cerebro?

Puede ser, pero el joven y astuto Greg Recanzone, de la Universidad de California, en Davis, piensa otra cosa. Arguye que en toda adaptación las presiones evolutivas tienden a potenciar la habilidad de un organismo para engendrar crías exitosas; por supuesto, el animal ignora de qué manera una adaptación afectará su éxito reproductivo. Así pues, la idea de una presión evolutiva para que los individuos de una especie reorganicen su corteza después de la pérdida de una extremidad resulta improbable. En la vida real, un animal que pierde una extremidad muere a corto plazo. Si la evolución fuese eficaz para este tipo

de problemas, veríamos muchos más animales con una o tres patas en el mundo natural. Lo más probable es que las reorganizaciones corticales mencionadas sean meros epifenómenos, no representaciones ampliadas para ejecutar la tarea de una extremidad perdida. La corteza desaferenciada está vacante y nada le impide realizar la tarea de sus vecinos. Después de todo, en un sistema diseñado para alterar las energías sinápticas –el oficio del cerebro segundo a segundo–, las neuronas carentes del *input* dominante normal empezarían a reaccionar a un *input* más débil, que ya estaba allí antes de la ocurrencia de la lesión. Es más, estudios recientes han observado que los cambios plásticos de que habla Merzenich sólo se producen cuando subyace una estructura neural preexistente. [15]

Recanzone postula que un sistema que está continuamente modificando las intensidades sinápticas puede alterar la circuitería neural y sus mapas para adaptarse a las nuevas informaciones y demandas del entorno. De hecho, esto es probable si preexiste una estructura. Si los cambios estacionales modifican la fuente de alimentos, el individuo debe ser capaz de mejorar sus habilidades, por ejemplo oír una cucaracha bajo la corteza de un árbol, reconocer una presa camuflada o utilizar un palo seco en vez de uno verde para atrapar termitas. Cuando vuelve a cambiar la estación y aparece una nueva fuente de alimento, el individuo puede valerse de sus habilidades

anteriores. Esta adaptabilidad permitiría enfrentar otros desafíos del entorno como la evitación de predadores estacionales o el logro de pareja.

Además, un sistema de este tipo sería beneficioso en el largo plazo. Con el paso de los años, los sistemas sensoriales y motores deben adaptarse a los cambios que sobrevienen. Los ancianos habitualmente no poseen la agilidad que exhibían de jóvenes, pero su mayor experiencia y sabiduría debería permitirles evitar situaciones peligrosas sobre la base de la memoria y de patrones de conducta probadamente exitosos. Aunque no sea muy adaptativo –dice Recanzone– representar las regiones cutáneas del rostro en las zonas corticales que antes representaban la glabra superficie de la mano (como vimos en el paciente de Ramachandran), las ventajas de adaptarse a un entorno cambiante superan las potenciales desventajas de una extremidad fantasma. Yo agrego que, si bien los "cambios plásticos posteriores a una amputación" reflejan un mecanismo gracias al cual el cerebro se adapta a las modificaciones, todas estas alteraciones podrían deberse a una red de circuitos ya tendida al nacer de manera casi definitiva.

También es importante recordar la diferencia entre plasticidad y maduración continua. Todo tipo de procesos continúan desarrollándose durante el período precoz. El desafío es determinar si el cerebro adulto resulta de la experiencia o de

estos procesos inconclusos establecidos por factores genéticos.

Consideremos el cerebro humano en desarrollo. Como es una estructura compleja, me limitaré a la corteza. Aunque el espesor de la corteza cerebral es prácticamente igual en los monos y en los humanos, el área de la superficie cortical o materia gris es cien veces mayor en los humanos. Nuestra superior capacidad mental parece relacionarse con esta expansión de la superficie.

Durante la fase embrionaria, que se extiende más o menos hasta la octava semana de gestación, las células nerviosas que habrán de conformar la corteza cerebral esperan ser despachadas a zonas discretas de ésta. A partir de la decimoquinta semana, la corteza se expande rápidamente: miles de millones de neuronas abandonan la meseta cortical –situada debajo de la primera capa de corteza– y empiezan a formar la materia gris. Miquel Marín-Padilla, heredero intelectual de Ramón y Cajal, ha trabajado durante treinta y cinco años en el laboratorio de la Escuela de Medicina de Dartmouth, y fue el primero que describió estos hechos utilizando tejidos embrionarios y fetales para revelar el despliegue de la corteza cerebral.

Desde las veinticuatro semanas, y hasta el nacimiento, la corteza se desarrolla tan rápido que ya cuenta con todo tipo de células de adulto, y funcionan. Este intrincado mosaico de células

neuronales –formado por vasos sanguíneos, células gliales* y otros tejidos– ya presenta las características de la arquitectura neural adulta. Ahora bien, es una etapa cerebral muy vulnerable: lesiones graves como la asfixia pueden provocar daños permanentes en la corteza. Los azarosos intentos del cerebro fetal por restablecer las conexiones crean una condición profundamente patológica que se traduce en diversos trastornos infantiles, como la epilepsia. Ni siquiera en aquel período el cerebro es capaz de reordenarse a sí mismo. El concepto de plasticidad parece entonces un chiste macabro.

• • •

La neurobiología perfiló más detalladamente el desarrollo cerebral al descubrir una enorme sobreproducción de células durante el desarrollo de la corteza. Aunque miles de millones de células sobreviven a la neurogénesis, casi el cincuenta por ciento muere en el proceso. Este fenómeno –crecimiento y reducción exuberantes– cautiva a muchos investigadores e induce a postular que

* El tejido neural está hecho de células nerviosas (neuronas) soportadas por células gliales. La neuroglia es de origen ectodérmico y su tejido está compuesto por una finísima red en la que están incluidas células especiales muy ramificadas de tres tipos: *macroglia* (astrocitos), *oligodendroglia mesoglia* y *microglia* (células de Hortega). (N. del T.)

la experiencia o la actividad celular determinan qué células sobreviven.

Uno de los primeros neurobiólogos que estudió el crecimiento exuberante fue Giorgio Innocenti.[16] Observó que, durante el desarrollo las células que forman el dilatado tracto fibroso que conecta los dos cerebros –el cuerpo calloso– contiene más neuronas que las del animal adulto. Los axones corticales crecen de manera "exuberante", es decir, un número exagerado crece en un determinado lugar del cerebro. ¿Tal vez la experiencia determine qué axones sobreviven? En años siguientes se comprobó que existe un crecimiento celular exuberante en el cerebro, seguido de un enorme porcentaje de muerte celular o pérdida axonal. Las dendritas, estructuras que conectan con otras neuronas, también están sujetas a sobreproducción y retracción.

Se ignora la causa de esta onerosa sobreproducción de células y axones. Tampoco se sabe por qué algunas células sobreviven y otras no, o si existen implicaciones para el desarrollo psicológico precoz. Se han señalado por lo menos tres razones plausibles para este fenómeno:[17] primero, la explosión celular que origina la corteza produce una gran cantidad de "rechazos" (o células defectuosas), que mueren por inservibles. El problema con esta interpretación es que el proceso no se repite en otros sistemas en desarrollo. Otra sugerencia es que la enorme sobreproducción genera un gran acopio de tipos de célula, seleccionadas

de acuerdo a su fenotipo: suministraría así oportunidades para nuevos ordenamientos y tipos celulares que acaso modificaran la función cerebral de maneras evolutivamente ventajosas para el organismo. Por último, se postula que la presencia, o ausencia, de factores de supervivencia vaticina la durabilidad de las células. Esto sugiere que la supervivencia celular no es específica: las células que perduran simplemente son las que reciben los factores químicos extracelulares de crecimiento que precisan.

La fascinante hipótesis de que la experiencia del mundo real cincela las neuronas desde el período de crecimiento exuberante sigila un punto importante. El grueso de la exuberancia y pérdida subsiguiente ocurre antes del nacimiento, lo que anula la discusión acerca del gobierno psicológico del desarrollo neural. La infraestructura del cerebro humano está organizada al nacer.[18] Sin duda su organización se debe a un sistema de crecimiento y retracción asaz dinámico, que necesita procesos dependientes de la actividad a lo largo del desarrollo y de la vida posnatal. Los mecanismos genéticos de control desempeñan su papel en un medio fisioquímico dinámico que conocen y con el que cuentan para ejecutar su tarea. Por ejemplo, el sistema visual sabe que el tamaño del cráneo habrá de cambiar y junto con ello la distancia interocular. Este sistema necesita un mecanismo capaz de adaptarse al cambio para que sus conexiones finales consideren la información binocular y ga-

ranticen una buena visión estereoscópica. Pero nada de esto implica que el desarrollo del cerebro no esté genéticamente controlado.

Pero sigue en pie la cuestión de la maduración posnatal. Desde su nacimiento los niños expresan sus capacidades instaladas e incorporan información a una velocidad sorprendente. Bill y Hillary Clinton preguntaban si es posible enriquecer el cerebro infantil mediante la exposición a un determinado entorno. Según el *New York Times*, la neurociencia lo afirma.

De hecho, la neurociencia no dice tal cosa. Los mecanismos relacionados con las funciones mentales superiores (aprender a hablar, por ejemplo) siguen siendo un misterio. En mi laboratorio estudiamos la idea de Marín-Padilla y descubrimos que la corteza cerebral engrosa a partir del año y medio de vida. La materia gris se expande sobre todo en las zonas del lenguaje, en la capa cerebral II. Esta observación anatómica va de la mano con un hecho psicológico conocido: hasta los dieciocho meses los niños conocen unas cincuenta palabras. Desde ese momento aprenden hasta diez palabras nuevas por día, durante varios años. Los niños de seis años manejan un vocabulario de diez o doce mil palabras. Es obvio que el niño debe estar expuesto al lenguaje para adquirir los vocablos, pero la maduración cortical impulsa y restringe este sorprendente proceso.

• • •

Hoy se estudia seriamente la posibilidad de que el crecimiento cerebral y la maduración estén relacionados con la conducta. Cuando el psicólogo Jean Piaget planteó sus observaciones seminales acerca de las etapas de desarrollo infantil, supuso que éstas reflejaban la interacción del entorno. Jerome Kagan, de la Universidad de Harvard, revisó éste y otros trabajos, así como los descubrimientos de John Bowlby acerca del apego. Bowlby estima que la angustia de la separación resulta de la introyección precoz –mediante la experiencia– del apego a los padres. Kagan arguye que hoy disponemos de la información necesaria para impugnar los postulados de Piaget y Bowlby. Las "respuestas aprendidas" reflejan en realidad la maduración continua del cerebro. No aprendemos a hablar, como piensa la mayoría. Empezamos a hablar cuando el cerebro está preparado para decir algo.

Kagan y sus colegas dividen el desarrollo del primer año en dos etapas. A los dos meses se producen hechos cruciales, que se repiten desde los siete hasta los diez. Los niños de dos meses empiezan a perder el reflejo de empuñar (la manera como el bebé se aferra a tu dedo cuando se lo pones en la mano). Además, experimentan una reducción de la sonrisa autogenerada, del llanto espontáneo, y mejoran su memoria de reconocimiento. ¿Resulta esto del aprendizaje? De ninguna manera.

Cambios decisivos ocurren en la corteza. Muchos están bajo la égida del tallo cerebral, la por-

ción más arcaica del cerebro, que controla las funciones motrices. Es probable que la expresión espontánea de reacciones como empuñar, sonreír o llorar se interrumpa cuando el control cortical invade el tallo cerebral. Aproximadamente a los dos meses se desarrollan y diferencian las células piramidales (tienen la forma de pequeñas pirámides), neuronas de la corteza motriz que controlan el tallo cerebral. Los tractos neurales largos –axones que conducen los impulsos desde el cerebro– adquieren una vaina llamada mielina, que permite a los nervios transmitir mensajes eléctricos de manera pronta y eficiente.

Es probable que la sonrisa espontánea sea controlada por el tallo cerebral. Los bebés anencefálicos, que nacen sin corteza, sólo pueden sonreír si su tallo cerebral está intacto. En cuanto a la memoria de reconocimiento, se observó en simios que su aparición está en relación directa con el desarrollo y diferenciación del hipocampo, la zona del cerebro encargada de la memoria.

Kagan sostiene que los sucesos propios de los diez meses (constancia de objeto, locomoción autoiniciada y respuestas emocionales como el temor ante sucesos nuevos –por ejemplo, la aparición de extraños y la separación de la madre en un lugar desconocido–) pueden explicarse por cambios mayores de la maduración cerebral. Los circuitos cerebrales se están conectando según un plan y las modificaciones conductuales ocurren de modo automático en

respuesta a los cambios de madurez del cerebro. Los circuitos cerebrales genéticamente programados están ejecutando su tarea.

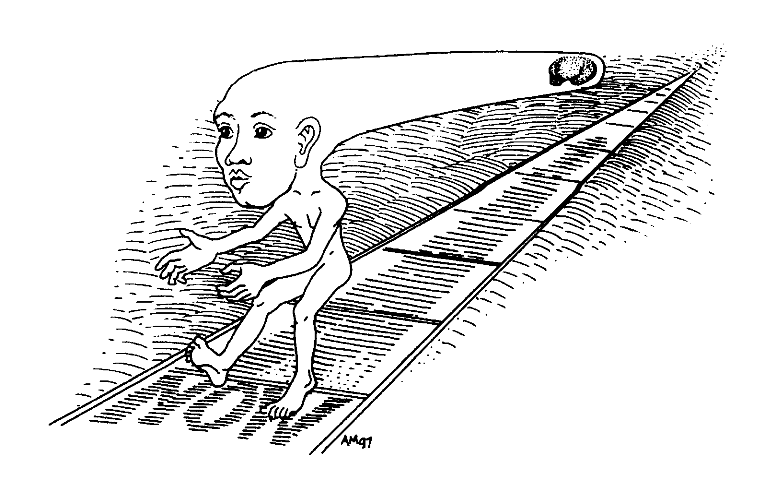
. . .

Ningún científico serio pone en duda que somos producto de la selección natural. Somos una máquina muy afinada que posee capacidades asombrosas para aprender e inventar. Pero esas capacidades no se adquieren en una librería ni se desarrollan gracias a la experiencia cotidiana. La habilidad de aprender y pensar viene con nuestro cerebro. El conocimiento que adquirimos con estos dispositivos resulta, por cierto, de las interacciones con la cultura, pero los dispositivos vienen con el cerebro, como los frenos con un automóvil.

El cerebro es una construcción intrincada. El genoma ordena esos preciosos circuitos que nos permiten aprender. Nuestro bagaje genético define también ciertas cualidades efímeras en nuestra vidas, como el temperamento, limitando el modo como encaramos el mundo. Todos estos procesos guiados por el cerebro influyen en nuestras decisiones, interpretación de la vida y sensación de ser. No los controlamos: sólo los vemos actuar. Nuestros circuitos cerebrales laboran sin pausa, ejecutan para nosotros cosas que creemos hacer por voluntad propia.

Así, si crees que leer a tus hijos les ayudará a tener un cerebro mejor, reflexiona un momento.

Esta pseudociencia charlatana y políticamente correcta me recuerda el dicho de Carl Sagan: "Quizás me equivoque, pero en el futuro veo que nuestros hijos o nietos –aferrados a horóscopos e incapaces de distinguir lo verdadero y lo bueno– se precipitan en la superstición y el oscurantismo".


AM97

# 3. *El cerebro sabe antes*

**El propósito de nuestra descripción de la naturaleza no es develar la verdadera esencia de los fenómenos, sino sólo pesquisar, en la medida de lo posible, las relaciones entre los plurales aspectos de nuestra experiencia.**

**NIELS BOHR, *Teoría atómica y descripción de la naturaleza***

Cuando creemos que *sabemos* algo (es parte de nuestra experiencia consciente), el cerebro ya cumplió su tarea. Sin embargo, la noticia "nos" parece nueva. Casi ajenos a nuestra percepción consciente, los sistemas instalados en el cerebro trabajan por sí solos, automáticamente y concluyen su trabajo medio segundo antes de que la información procesada alcance nuestra conciencia. En realidad, no es sorprendente que la mayor parte de la actividad cerebral ocurra fuera de la conciencia; esta gran zona de actividad –donde se elaboran planes para hablar, escribir, jugar al tenis o levantar un plato de la mesa– funciona sin que siquiera sospechemos cómo lo hace. No planificamos ni articulamos estos actos: sólo observamos su rendimiento.

Esta característica de la organización cerebromente vale en las percepciones más sencillas y en funciones más elevadas como la conducta espacial, las matemáticas e incluso el lenguaje. El cerebro disimula esta singularidad funcional creando la ilusión de que los sucesos están sucediendo en

tiempo real y no *antes* del concurso de nuestra capacidad decisoria consciente.

Muchos procesos que nos guían son actividades mentales, pero se asemejan a reflejos básicos en tanto cuanto son adaptaciones preinstaladas, fabricadas por el cerebro cuando enfrenta un desafío. Espontáneamente creemos que los controlamos, que los guiamos hasta su cometido, pero no suele ser así: sólo presenciamos cosas que suceden en nosotros y para nosotros. La observación de ciertos mecanismos animales inscritos en circuitos ayuda a reflexionar al respecto. Sirvan de ejemplo los hábitos espaciales del feo ratón de campo: aunque todos son de similar tamaño, se diferencian claramente por el modo como se aparean. El relato de su extravagante búsqueda de pareja ejemplifica cómo un impulso evolutivo hacia la poligamia conduce a la diferenciación de las habilidades espaciales de machos y hembras. Los machos polígamos hallan la ruta para regresar de noche a su nido, pero las destrezas espaciales de las hembras (monógamas) son escasas. La diferencia estriba en la construcción del cerebro y en la cascada de procesos automáticos que allí se cumplen.

Esta observación[19] se basa en un fenómeno bastante conocido: en ciertas tareas espaciales, el desempeño de los machos es mejor que el de las hembras. Esto vale para los seres humanos, las ratas y casi todo lo que hay entre unos y otras. Quienes la han estudiado aseveran que esta varie-

dad cognitiva resulta de presiones darwinianas sobre la dinámica de la selección sexual. En general, las presiones de selección sexual no influyen, pero lo hacen cuando macho y hembra pueden potenciar el éxito reproductivo mediante conductas diferenciadas.

En el caso de los ratones de campo, el asunto se reduce a poligamia versus monogamia. La observación se ajustó a dos clases de ratones: el de las praderas y el de boscaje. La inserción de minúsculos dispositivos telemétricos permitió medir cuán lejos del nido se aventura cada uno. El ratón de boscaje, que es monógamo, permanece cerca de la madriguera, sin que se observe diferencia en la conducta de machos y hembras. A la inversa, los polígamos machos de las praderas recorren vastos espacios para encontrar más parejas disponibles; las hembras no gastan energía y se quedan en casa. Concluido el período de celo, casi desaparece la diferencia entre machos y hembras.

Una vez establecida la desemejanza de género en las estrategias de apareamiento, se comprobó que la superior capacidad espacial del macho también se manifestaba en aprendizajes tan complejos como los de los laberintos de laboratorio. Lo que *prima facie* parece una disparidad de destreza cognitiva solo es una habilidad surgida de las presiones selectivas destinadas a potenciar el éxito reproductivo. Así verificamos que los sistemas instalados en el cerebro cumplen su tarea de manera automática, fuera de la conciencia. La parte

del cerebro que está más conectada con los procesos espaciales, el hipocampo, es más grande en animales que emplean indicaciones espaciales.

¿Qué sucede con las destrezas humanas? Quienes rechazan los postulados evolucionistas insisten en que construimos y controlamos nuestras habilidades después de años y años de educación. Que esos ratones serán robots, pero nosotros no. No empleamos esas destrezas *antes* de saber que existen, sino *después* de un ejercicio *voluntario.* Antes de sumergirnos en estas preguntas de tipo Watergate (¿qué sabe el cerebro y cuándo lo supo?), describiré una singularidad humana superior, que parece estar engramada en nuestro cerebro tan firmemente como la destreza espacial de los ratones de las praderas: la capacidad de contar.

¿Cómo aprenden a contar los bebés, los niños y los adultos en todas las culturas? Igual que con el tema del lenguaje, este agitado debate intenta averiguar si la capacidad de cálculo es aprendida o innata. Muchos investigadores contemporáneos[20] ven en esta distinción una dicotomía falsa y aportan evidencias que ilustran que capacidades básicas innatas se expresan a distintas edades en distintas formas y en culturas diversas. Más precisamente, muestran cómo un único sistema de cómputo, automático y universal, se expresa de modo diferente debido a variables de cultura y de edad. Y demuestran que todos los individuos de la especie humana poseen sistemas universales.

Todos los humanos adhieren a los mismos principios de cómputo, que siempre incluyen suma y resta. Aunque se ejecute una multiplicación simple, en ella participa la suma. Nuestra capacidad de memorizar las tablas de multiplicar no oculta que, si debemos multiplicar números incógnitos, los desmenuzamos en subunidades cuyo producto conocemos, y luego las añadimos. El estudio de pacientes con daño en el hemisferio izquierdo confirma esta observación. Hace algunos años estudié personalmente un caso en Cornell. El síndrome clínico de la acalculia es complejo, pero la paciente en cuestión (una joven) era notoriamente incapaz de sumar y restar. Estos pacientes suelen ser capaces de recitar las tablas, porque pueden memorizarlas, pero si se les pide sumar once más veinte fracasan sin remedio. No poseen los principios del cómputo.

Algunos investigadores han realizado hallazgos fascinantes explorando la acalculia.[21] Descubrieron lo que todo neurocientista anhela presenciar: *la disociación doble*, esto es, la capacidad de un paciente con lesión cerebral para fallar en una tarea y desempeñar con éxito otra de pareja dificultad. Otro paciente podrá errar en la segunda pero no en la primera. Se postuló que sumar y restar son habilidades independientes de la simple memorización y del lenguaje. Si es verdad, habría sujetos capaces de computar pero no de contar, y viceversa. Los resultados confirmaron la conjetura. Un paciente podía contar uno, dos,

tres, cuatro, y así. Pero no podía sumar ni decir qué era la mitad de cuatro ni efectuar el cómputo más sencillo. Dicho de otra manera: podía pronunciar las palabras relevantes, pero las matemáticas de la tarea lo dejaban perplejo. Otro paciente podía combinar y restar, pero tenía dificultad para nombrar los valores.

Siempre hay, en una cultura, ejemplos que violan un principio presente en otra. Karl Menninger afirmaba que el aprendizaje de los números naturales era específicamente cultural. Sostenía que algunas culturas no pueden contar, porque utilizan un número reducido de palabras o configuraciones corporales, lo que les impide manipular cifras grandes. Pero otros estudiosos[22] asignan este impedimento a un tabú cultural, que prohíbe contar objetos familiares tales como niños, vacas y caballos. Hallaron esta evidencia al entrevistar a una familia etíope que había emigrado a Israel. Interrogaron al padre. La hija, que hablaba hebreo, traducía. El anciano empleaba una simple regla generativa decimal y llegaba a los miles, pero, ante la palabra hebrea "millón", dijo que no existía tal vocablo en amáhrico porque no había tantas cosas en el hogar. Cuando se le pidió contar a los niños, la hija interrumpió y dijo: "Jamás se cuenta a los niños. No se hace".

Los miembros de la tribu Oksapmin, en Nueva Guinea, empiezan a contar desde el pulgar de la mano derecha y siguen con el índice. Cuando se les terminan los dedos, suben por el brazo y el

hombro derechos y siguen contando hasta completar el número veintinueve con el último dedo de la mano izquierda. El procedimiento es simbólico, pero puede ser empleado en computaciones, como fue comprobado. En un ingenioso experimento,[23] se dijo a los aborígenes que del otro lado de la isla sus congéneres empezaban a contar a partir del pulgar izquierdo. Suponiendo que uno de ellos tuviera un "hombro izquierdo" de batatas según esa nueva forma de contar, ¿poseerá la misma cantidad de batatas que un Oksapmin? De inmediato todos respondieron que no. Así pues, no se trataba sólo de tocarse el cuerpo; allí funcionaba un principio de cómputo.

En todas las culturas el cerebro tiene un estilo de computación y cuenta sumando y restando. Si uno se aparta de esta exigencia, el cerebro todavía puede ejecutar la tarea, pero siempre recurriendo a ingeniosos dispositivos de cómputo sencillo.

. . .

¿Existe un lapso entre la activación de los dispositivos automáticos y el momento en que advertimos que estamos inmersos en ellos? ¿Es posible detectar actividad eléctrica en el cerebro antes de saber qué estamos haciendo? Benjamin Libet, de la Universidad de California, en San Francisco, dedicó años a estudiar este tema y concluyó que sí. La cuestión se divide en dos: ¿cuánto tardamos

en adquirir conciencia de un hecho sensorial, y por cuánto tiempo están activos los tejidos neurales antes de que tomemos la decisión de actuar?

Libet asistió a cirugías de epilépticos, en las que suele ser necesario estimular regiones del cerebro de pacientes despiertos a los que se ha aplicado anestesia local.[24] De este modo el cirujano estudia qué zonas de la corteza gobiernan determinadas funciones, para determinar las áreas que puede eliminar y las que deben ser conservadas. Y los científicos presentes pueden aprender acerca de la coordinación de los procesos fisiológicos y cómo se relacionan con la experiencia consciente.

Al preguntar "¿cuánto tardamos en tomar conciencia de un estímulo?", Libet remeció al mundo científico. Es el tipo de interrogante que cautiva a los científicos imaginativos y desconcierta a los más metódicos. Los desconcertados juzgaban imposible determinar el instante en que algo se torna consciente. Entre otras cosas, sólo indicar la presencia de la "sensación pura" lleva tiempo, ¿cómo medir entonces cuándo empieza la sensación pura?

Libet empezó por indagar durante cuánto tiempo debe aplicarse un estímulo eléctrico a la corteza cerebral antes de que la persona lo perciba. Aclaro que, al examinar el estímulo requerido para una respuesta, los fisiólogos varían su intensidad y duración: a mayor intensidad, menor duración. Después de múltiples experimentos es posible

determinar la intensidad mínima necesaria para producir una sensación, y medir el intervalo entre el estímulo y la sensación pura. Libet midió el lapso: quinientos milisegundos: entre el inicio del estímulo en la corteza y la sensación pura transcurre medio segundo.

Sin embargo, creemos percibir casi de inmediato los estímulos y, por cierto, reaccionamos antes de medio segundo. En buenas condiciones, podemos reaccionar en una décima de segundo. Aquí el concepto es engañoso, pues debemos distinguir dos referentes temporales: a) el instante en que el estímulo inicia procesos cerebrales que mueven la mano y el cuerpo, y b) el instante en que tomamos conciencia del movimiento. En veinte milisegundos una simple estimulación en la piel gatilla un impulso eléctrico en la corteza. Empero, desde el instante en que la incitación alcanza la corteza hasta el momento en que tomamos conciencia del estímulo, puede pasar hasta medio segundo. También es posible que aquellas señales precoces recluten otros procesos neurales capaces de organizar una respuesta motriz para huir del estímulo. Pero solo estamos conscientes del hecho después de un lapso aproximado de medio segundo. Pese a ello, preferimos creer que lo sabemos antes.

Libet y su equipo sugirieron que referimos subjetiva y automáticamente el inicio de un suceso al instante mismo del estímulo. Pensémoslo de esta manera: si me introduzco en tu cabeza y estimulo

la zona del cerebro que representa tu dedo meñique, no sientes la estimulación en la cabeza. La refieres espacialmente a tu dedo, a un metro de distancia. Los acontecimientos espacialmente referidos suceden de continuo. Libet sugirió que relegábamos al pasado la presencia de la sensación. Luego procedió a probar la veracidad de su propuesta, el *sine qua non* de toda buena ciencia. Primero aplicó una estimulación de medio segundo directamente en la corteza y, cuatrocientos milisegundos después, una segunda en la piel. Pues bien, todos los sujetos declararon haber sentido antes la estimulación cutánea. En otras palabras, en esta última no parecía existir una demora subjetiva. Libet estudió cuidadosamente la respuesta cortical a los dos estímulos. Aunque no hubo reacción local al estímulo en la corteza, el estímulo cutáneo producía una rápida respuesta dentro de diez o veinte milisegundos.

Cuando se aplica un estímulo directamente en la piel, el mensaje neural llega a la corteza con una detonación denominada *respuesta evocada*, generada por la suma de actividad de las neuronas que transmiten la información desde la periferia a la corteza. Pero cuando el estímulo se aplica directamente en la corteza no hay tal "*bang*" y ninguna señal anuncia la respuesta desde la periferia. La estimulación directa de la corteza elimina ese eslabón de la cadena.

Según Libet, el cerebro utiliza la señal cutánea inicial como referente para inducirnos a creer

que nuestra experiencia sensorial es instantánea. El cerebro retrotrae la estimulación en la piel al potencial local centrífugo. Puesto que este potencial local ocurre antes de que el primer estímulo a la corteza haya transitado sus inevitables quinientos milisegundos y llegado al sistema consciente, el sujeto cree que la segunda estimulación (cutánea) sucede primero. Como la idea es excelente, Libet la puso a prueba.

Para ello alteró un poco el experimento. En vez de estimular antes la corteza, estimuló las vías subcorticales, un sistema neural que lleva desde el cerebro medio a la corteza. Libet estudió a pacientes afectados de diskinesia, un conjunto de descoordinaciones motrices. Uno de los intentos terapéuticos por corregir este trastorno es la inserción de electrodos en las vías sensoriales. Este estímulo tardó medio segundo en generar una sensación pura, pero también poseía un componente temprano igual que el estímulo cutáneo periférico. Es decir que también contaba con un marcador destinado a retrorreferir la percepción. Tal como se podía prever, el sujeto percibió ahora los estímulos en su orden correcto.

Así demostró la posible existencia de un fascinante mecanismo que explica por qué creemos que ejecutamos en tiempo real cosas que en realidad ya hemos realizado. Su segunda observación importante se fundamentó en el trabajo de los alemanes Hans Kornhuber y Luder Deecke. Estos hicieron registros en el cuero cabelludo y establecieron que

una onda cerebral determinada surge hasta ochocientos milisegundos antes del movimiento voluntario. Empleando otro método de registro, Libet determinó que los potenciales del cerebro ya están descargando trescientos cincuenta milisegundos antes de que tengamos la intención consciente de actuar. En otras palabras, antes de que tengas conciencia de que estás pensando en mover el brazo, tu cerebro ya prepara el movimiento.

Todo esto sugiere que el cerebro no emplea el marco temporal (*timing*) de su propia descarga para representar el tiempo del mundo real. Si lo pensamos un poco, la solución es oportuna y no demasiado sorprendente. Después de todo, los impulsos que vienen de los ojos, oídos y mejillas llegan al cerebro antes que los del distante dedo del pie. No querríamos un sistema que nos tuviera al tanto de todas las informaciones, momento a momento: sería incómodo sentir que las cosas suceden antes en el cerebro que en los pies. De esta suerte, el cerebro efectúa todo tipo de cómputos que determinan cuándo experimentamos algo. No escuchamos directamente las descargas del cerebro, así como no vemos las figuras humanas al revés, como están retratadas en el fondo de la retina. Lo único que cuenta es la información que proporciona el cerebro, no la *semejanza* entre el cerebro y el mundo real.

Esta investigación planteó diversas y tentadoras interrogantes acerca de la volición, el libre albedrío, los procesos cerebrales necesarios aso-

ciados a los sucesos reales conscientes, etc. Ahora bien, en este contexto, revela una verdad significativa: asociados con el procesamiento mental, acontecimientos importantes y susceptibles de medición ocurren en nuestro cerebro antes de que lo advirtamos. Pero este fenómeno no nos deja la sensación de estar presenciando un filme de nuestra vida. Por el contrario, debido a mecanismos de referencia temporal, creemos gobernarlos.

Para ciertos investigadores esta aseveración es demasiado exótica. Prefieren adherir a los cómputos tradicionales y que los fenómenos de laboratorio los corroboren. Les molesta la idea de un cerebro que actúa subrepticiamente. Por el momento no profundizaremos en la causa de esta charada del cerebro y veremos un experimento que comprueba nuestra tesis.

Los científicos concuerdan en que la transmisión de informaciones desde la retina hasta las zonas cerebrales involucradas en la visión tarda cincuenta milisegundos. Los fotones percuten la retina, donde la energía lumínica es transducida a señales eléctricas que se abren paso a través de la retina y alcanzan la corteza visual, con lo que todo suceso que vemos está desfasado por lo menos cincuenta milisegundos. Cualquier objeto que observamos puede haber cambiado de forma, color o posición entre el atisbo inicial y el segundo registro de lo percibido.

Al reconocer esta discrepancia, se descubrió un mecanismo que otorga al cerebro (y a nosotros)

un dispositivo para salvar la cara.[25] Demuestra que el cerebro, en un intento por huir del pasado, predice el futuro de nuestro mundo perceptual. El experimento consistió en mover una barra verde de un cuarto de pulgada de espesor y una pulgada de largo a velocidad constante sobre un fondo negro (recordemos que cualquier movimiento percibido es en realidad pasado, por lo menos en quinientos milisegundos). Súbitamente el investigador sobrepuso en la barra verde una barra delgada y roja, de un dieciseisavo de pulgada de espesor. Una percepción estática mezclaría los colores. Rojo y verde forman el amarillo, y los sujetos percibieron una delgada barra amarilla sobre un fondo verde.

La intención era demostrar que poseemos una percepción predictiva. En otras palabras, no vemos lo que está en la retina en un momento dado, sino una predicción de lo que estará allí. Algunos sistemas cerebrales aprehenden hechos pasados y vaticinan, como si nuestro sistema perceptual fuera una proyección fílmica virtual y constante en nuestra mente. El sujeto del experimento interpola la ruta futura de la barra verde, pues sabe que se está moviendo a velocidad constante. Cuando aparece por un breve instante la barra roja, la verde (desde el punto de vista de la mente) ya está en otro punto del espacio y la dejó atrás. La barra amarilla no se mueve porque el cerebro sabe que sólo fue un centelleo; habría sido vano incluirla en su maquinaria vaticinadora. La barra se

tornó nuevamente roja porque la verde, que está en el mecanismo predictivo, se movió sin ella, es decir, dejó a la roja en una posición estacionaria. A esto se llama un experimento "elegante".

Muchos experimentos demuestran que el cerebro actúa antes de que lo sepamos. Hay uno que surge de mis propias indagaciones. El cerebro está ensamblado de tal manera que, si nos fijamos en un punto del espacio, todo lo que cae a la derecha de ese punto se proyecta en nuestras áreas visuales de la corteza izquierda, y viceversa. Las dos cortezas se conectan entre sí a través del haz de fibras más grueso del encéfalo: el cuerpo calloso.

Si nos fijamos en un punto donde se presenta el vocablo "su" a la izquierda y el vocablo "mar" a la derecha, vemos la palabra "sumar". El hemisferio izquierdo –dominante en el lenguaje y el habla– y su campo visual están expuestos a la palabra "mar". Pero el hemisferio derecho se las arregla para transferir al izquierdo el vocablo "su", insertándolo delante de "mar", así que percibimos "sumar". Nada de esto es obvio. Sólo sucede.

Junto con Ron Mangun y Steven Hillyard practicamos registros electrofisiológicos y nos concentramos en la cuestión temporal y la actividad cerebral previa a la percepción consciente de sus efectos. Los dinamismos eléctricos evocados por estímulos pueden medirse empleando *potenciales evento-relacionados*, que permiten seguir en el tiempo los patrones de encendido de las neuronas

corticales y sus conexiones interhemisféricas a través del cuerpo calloso. Al estimular el campo izquierdo se activa la corteza visual derecha. Tras cuarenta milisegundos, la actividad empieza a impregnar el hemisferio izquierdo y la información tarda otros cuarenta milisegundos en llegar a la conciencia. Los componentes del mundo se reordenan y aparece la palabra "sumar" en un abrir y cerrar de ojos. Los procesos cerebrales cumplieron su tarea muchos antes de que reparáramos en ello.

. . .

Es fácil apreciar por qué los psicólogos más inteligentes empezaron a preguntarse si la psicología cognitiva formal no habría equivocado el rumbo: deberían estudiar los procesos inconscientes, no los conscientes... Contribuyó a establecer esta idea el análisis minucioso de un enfermo con una lesión en el sistema visual: aunque parecía estar ciego, en realidad veía.[26] Para nominar este hecho notable se acuñó el término "visión ciega" (*blindsight*), esto es, la capacidad de ver aunque la corteza visual esté dañada o haya sido removida. El fenómeno concitó el interés inmediato de filósofos, psicólogos y neurocientistas.

Aunque el paciente sufría una lesión en la corteza visual derecha, podía ejecutar tareas visuales en lo que se creía su zona invidente. Y lo hacía desde fuera de su conciencia; tanto es así que el

sujeto negaba su capacidad e insistía en que las respuestas positivas se debían al azar. Es decir, el hallazgo permitiría investigar científicamente nada menos que el inconsciente. La posibilidad multiplicó el interés por las ciencias visuales, pues permitía investigar vías y núcleos subcorticales y paralelos en seres humanos. Se intensificaron asimismo los estudios en primates, observándose que monos con lesiones occipitales eran capaces de discriminar colores y localizar objetos en el espacio.

A medida que se acumulaban los informes, aparecían temas concomitantes en otro tipo de pacientes. Por ejemplo, se comprobó que el daño en el lóbulo parietal originaba extraños síntomas. Si un síntoma está en el lado derecho del cerebro, la mayoría de los afectados experimenta un fenómeno denominado "negligencia": aunque sus sistemas visuales primarios están intactos, cuando miran al frente declaran no ver nada de lo que está a la izquierda de su campo visual.*

Esta conducta sugiere la existencia de un vínculo entre el lóbulo parietal y los mecanismos de la atención. Algo sucede allí, algo que no surge de las zonas que sólo manejan informaciones visuales.

* La formación de una imagen en la retina inicia un proceso de extraordinaria complejidad que concluye en la visión. La transformación de una imagen en la retina en una imagen perceptiva tiene lugar en forma parcial en la retina, pero sobre todo en el cerebro. (N. del T.)

Si bien la información llega al cerebro, se procesa aparte de la experiencia consciente. Con Bruce Volpe y Joseph Ledoux lo demostramos de diversas maneras. Pedimos a pacientes afectados de negligencia que juzgaran la semejanza o desemejanza entre dos estímulos laterales, por ejemplo una manzana en un campo visual y una naranja en el otro. O les presentamos dos manzanas y dos naranjas, una en cada mitad del campo visual. Los sujetos ejecutaron la tarea con precisión, pero, al ser interrogados acerca de la naturaleza de los estímulos, sólo podían nombrar el objeto que caía en su campo visual derecho. Negaban haber visto el estímulo presentado en el otro campo.

Estos fueron los primeros de una larga serie de experimentos efectuados en diferentes laboratorios. El conjunto de los resultados revela que los sujetos, aunque no pueden describir conscientemente la información presentada al campo negligido, la utilizan en la toma de decisiones: los afectados discriminaron correctamente entre dos objetos, pero sólo pudieron nombrar uno.

A comienzos de la década de 1980 mi equipo investigador empezó a estudiar la visión ciega en mi laboratorio de Nueva York. Teníamos la fortuna de poseer un equipo muy sofisticado, que determina con exactitud la posición del ojo en relación a la de un estímulo, es decir que podíamos presentar estímulos precisamente en el escotoma, el área del campo visual que queda ciega por la lesión cerebral.[27]

Empezamos estudiando a una mujer de treinta y cuatro años a quien habían suturado un aneurisma en el hemisferio derecho. El aneurisma es una peligrosa dilatación de capilares, venas y arterias que puede causar daño cerebral serio, y requiere cirugía. Era previsible que la operación causara ceguera parcial, pues lesionaría el lóbulo occipital, donde se hallaba el aneurisma. Por cierto, después de la cirugía apareció una *hemianopia homónima izquierda densa:** la paciente era incapaz de ver a la izquierda del punto en que fijaba la vista. El estudio de imágenes –método que permite obtener una imagen de la estructura anatómica del cerebro– reveló la presencia de una lesión occipital que no afectaba las regiones extraestriadas ni el principal candidato del cerebro medio para la visión residual, el colículo superior. En principio, estas áreas intactas debían posibilitar la mayoría de los fenómenos de visión ciega.

Jeffrey Holtzmann propuso a la paciente una tarea sencilla: le presentó una matriz de cuatro cruces en cada campo visual; con la vista fija en el centro de un monitor, debía volver los ojos hacia el punto en que la matriz centelleaba al azar. Aunque la afectada no tuvo problemas cuando las matrices centelleaban en su campo intacto de visión,

* Los defectos visuales se denominan "homónimos" cuando se limitan a un solo campo visual, derecho o izquierdo, y "heterónimos" cuando están afectadas partes de ambos campos. (N. del T.)

Holtzmann insistió en ver la respuesta de su campo invidente. Quería que moviera los ojos sin percatarse de que veía las luces.

Pero la mujer era más cegata que un murciélago, aunque tenía estructuras cerebrales capaces de visión ciega. Holtzmann la examinó varios meses sin resultado. Publicó sus observaciones en una de las mejores revistas especializadas, sin ninguna acogida. ¡Una idea tan estupenda como la visión ciega no podía ser refutada por un solo experimento, aunque fuera excelente!

Dejamos el asunto de lado por algunos años, hasta que vino al laboratorio un nuevo graduado que reanimó nuestra curiosidad.[28] También llegó mi colega Bob Fendrich. Para esa época ya nos habíamos mudado a la Escuela de Medicina de Dartmouth y trabajábamos con otro tipo de enfermos. Nuestro primer caso fue un leñador de New Hampshire. Un derrame cerebral le había lesionado la corteza visual derecha. No obstante, seguía viviendo vigorosamente y tenía excelente puntería; se sometió a estos estudios lentos y penosos sólo porque podían servir para ayudar a otros.[29] Antes de estudiar las competencias o ineptitudes de su campo invidente, Bob arguyó que debíamos practicar una *perimetría*, un examen que emplea un complejo dispositivo de seguimiento ocular, para descubrir la localización y el tamaño del escotoma. Para estas investigaciones habíamos adquirido un estabilizador de imágenes, que mantiene fijas las imágenes en la retina

pese a los movimientos oculares del sujeto. Exploramos con cuidado el escotoma del leñador presentándole puntos negros muy contrastantes sobre un fondo blanco. En centenares de intentos mostramos la matriz de puntos al área ciega, hasta que finalmente los esfuerzos dieron fruto.

En medio de ese mar ciego descubrimos una isla de visión, un "punto ígneo" (*hot spot*). En una minúscula zona, de un diámetro aproximado de un grado, el leñador detectaba la presencia de información visual. Ahora bien, era posible conjeturar que a través de una ventana de un grado resultara indetectable un punto de dos grados de diámetro, a pesar de ser más amplio y más visible en condiciones normales. Así fue. Análisis ulteriores revelaron que en el "punto ígneo" el sujeto podía detectar luces de diversas longitudes de onda (aclaro que la tecnología era crucial para el éxito del experimento: sólo podíamos observar la "isla de visión" gracias al instrumento que poseíamos, inalcanzable para la mayoría de los investigadores). ¿Era la isla de visión la fuente de la "visión ciega"?

Diversos aspectos de nuestros hallazgos confirman los primeros informes. El leñador desconfiaba de sus decisiones acerca de las luces que podía detectar. En una escala de uno a cinco, su certidumbre se acercaba a uno. Por cierto, si presentábamos información a su campo intacto de visión, la confianza rozaba el cinco. En algún nivel, por lo tanto, estaba respondiendo correctamente pero sin

tener conciencia de ello, lo que constituye la definición misma del fenómeno de la visión ciega. Como suele suceder, la verdad estaba en los detalles. Descubrimos que la visión ciega no resulta del relevo de la función visual por parte de sistemas subcorticales: la visión es imposible en la mayor parte del campo ciego. Nuestro paciente sólo veía en las "islas de visión", mientras que los informes anteriores sostenían que los pacientes podían detectar información visual por todo el campo.

Otra manera de analizar si la visión residual se apoya en la corteza visual o en estructuras subcorticales es fotografiar el cerebro y explorar las zonas intactas del cortex. Estudiamos al leñador con todo los medios posibles. Primero, con el estudio de imágenes comprobamos qué partes de su corteza visual permanecían intactas. Ahora bien, la información era incompleta, porque ese examen no dice si el tejido sigue siendo funcional. Incluso si está en su lugar, puede estar dañado o muerto.

A continuación empleamos otro método para determinar la actividad metabólica del cerebro: la inyección de isótopos radiactivos. Si una célula está viva y activa, incorpora el isótopo, lo que puede detectar una tomografía especial denominada PET.* Por supuesto, la corteza intacta del leñador estaba viva.

* *Positron Emission Tomography*: escaneografía, escrutinio y registro por medio de un instrumento de detección de la emisión de ondas radiactivas de una sustancia específica que ha sido inyectada y que se concentra en partes o tejidos en observación. (N. del T.)

El estudio de la visión ciega destaca un rasgo general de la cognición humana: muchas actividades perceptivas y cognitivas se pueden efectuar y en realidad se efectúan ajenas a la conciencia. No obstante, la visión ciega no reposa en sistemas secundarios o subcorticales: junto con otros múltiples procesos, ocurre en el vasto manto neural que llamamos corteza cerebral.

El trabajo de Libet reveló el cerebro inconsciente. Recordemos que un electrodo implantado en la corteza cerebral debe esperar quinientos milisegundos para que el sujeto sea consciente de haber recibido un estímulo. Lo mismo ocurre si se implanta un electrodo en el *tálamo ventral basal,** estructura cerebral que vincula el *input* periférico con la corteza. Como este sistema es parte del tacto o del sistema somatosensorial, un impulso de quinientos milisegundos causa una sensación de hormigueo. Libet quería saber si un estímulo de menor duración (menos de doscientos

* Las funciones del tálamo son mucho más complejas y elaboradas que las de una simple estación de relevo. El tálamo se relaciona con la selección de impulsos aferentes, la modulación de impulsos eferentes, la transmisión de impulsos de gran precisión, la sincronización y desincronización de actividades corticales, el procesamiento paralelo de señales sensoriales y la integración de impulsos aferentes que modifican la mayoría de las actividades. Desempeña una función dominante en el mantenimiento y regulación de los estados de conciencia y atención. Puede considerarse como el principal mecanismo de integración y modulación del neuroeje. (N. del T.)

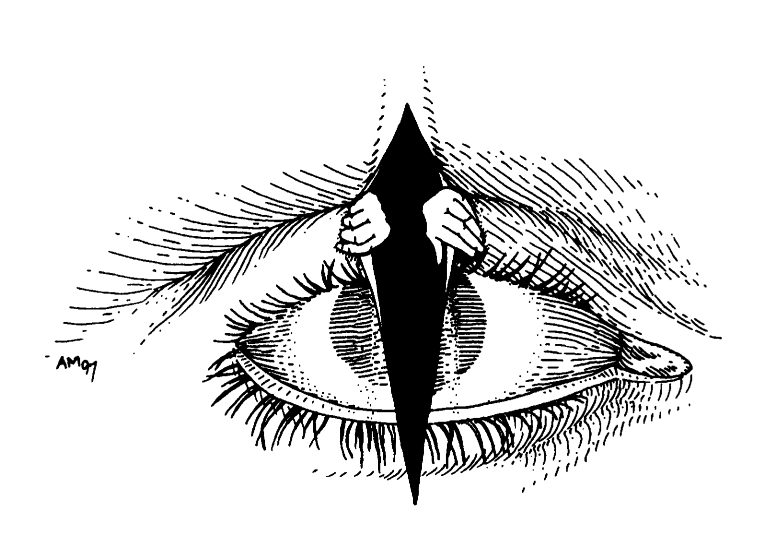
cincuenta milisegundos) podía producir una respuesta conductual confiable, aunque ajena a la percepción consciente. Una sencilla técnica estándar, la "prueba de elección forzada" produjo la evidencia. Supongamos dos intervalos, *L1* y *L2*. Durante uno de los intervalos se aplica un impulso eléctrico. El sujeto debe adivinar qué sucedió en *L1* o *L2*, eligiendo forzosamente una de las dos alternativas.

Pues bien, a pesar de insistir en que nada había ocurrido, los sujetos adivinaron qué intervalo conllevaba un estímulo subliminal. El cerebro inconsciente sabía: podía tomar una decisión y mover la mano en la dirección correcta, aunque el cerebro consciente permaneciera ajeno a la operación. De hecho, la mayor parte de los avances neurocientíficos giran en torno al modo como el cerebro se organiza para procesar informaciones táctiles, visuales o auditivas, sobre la base de experimentos practicados en animales anestesiados. Las estructuras cerebrales que procesan información gozan de buena salud y funcionan aparte de la percepción consciente.

• • •

¿Compraría usted un automóvil sin equipos, desconectado? ¿Podría el automóvil, en cada prueba en la ruta, aprender –por una suerte de tanteo divino– cómo conectarse para funcionar correctamente? Por supuesto que no. Todos queremos que

las cosas funcionen y no debería sorprendernos que lo hagan independientemente de nuestra conciencia, gracias a dispositivos preinstalados y ya conectados. Con todo, siempre habrá entre nosotros escépticos, como ricos y pobres. En el próximo capítulo los excluiremos, mostraremos el cerebro mientras trabaja.



# 4. *Ver es creer*

En las artes y en la vida, nueve de cada diez veces no se descubre verdad alguna; sólo se devela errores.

H. L. MENCKEN, *Prejudices, Third Series*

No vemos lo que nuestra retina recibe: vemos una imagen digerida y transformada previamente por la recombinación automática de las señales eléctricas que la retina despacha hacia la corteza. Antes de nuestra "percepción" ocurrieron miríadas de procesos involuntarios. Podemos tender trampas para verificarlo: entonces aparecen las ilusiones, que nos enseñan mucho acerca del funcionamiento del cerebro. A menudo vemos ilusiones. Reconstruyendo sucesos automáticos en nuestro sistema perceptivo, puedo ilustrar cuán falaces pueden ser nuestras realidades.

Nuestro aparato sensorial es una simple paleta para los sistemas cerebrales de percepción y atención, que al parecer poseen dispositivos propios para ver el mundo de un modo que maximice nuestras perspectivas de supervivencia. Estos dispositivos están dispersos en el sistema visual primario, pero además forman parte del más efímero sistema cerebral de atención. Aparte de los múltiples sucesos perceptivos

automáticos, existe otro nivel de conciencia perceptiva, un rango más elevado de experiencia perceptual que selecciona ciertos objetos entre los miles que vemos para examinarlos con más detención. Esta tarea más fina también está ligada con dispositivos atencionales que nos permiten ver mejor.

He insinuado que la evolución ha desempeñado un papel descollante en la visión. Muchos observadores estarían hoy de acuerdo con esto, pero no siempre fue así: los primeros investigadores de la visión creían que era posible vincular cantidades físicas elementales con simples eventos mentales, tal como sucedió en las teorías del aprendizaje. Wilhelm Fechner, egregio psicofísico alemán, no creía que la visión se adapta a entornos reales, espacial y típicamente estructurados. En palabras de Ken Nakayama: "Más tarde, los estructuralistas intentarían entender la percepción y los procesos superiores en términos de sensaciones elementales, esto es, como si se construyeran moléculas mentales sobre la base de sensaciones atómicas. Por lógica y razonable que pareciera la noción en su época, la búsqueda de una 'química mental' fracasó. La descripción de 'sensaciones elementales' no ayudó a entender la percepción".

Nakayama, científico brillante por derecho propio, revisaba la influyente carrera de un psicólogo norteamericano, el difunto James J. Gibson, que, dotado de un talento inusual, se apartó de la tra-

dición estructuralista. Desarrolló una psicofísica nueva, en que los cerebros se adaptan a estímulos provenientes del entorno real y sus superficies, de luces y distancias. Dice Gibson que si intentas imaginar cómo ejecuta el cerebro su miríada de funciones visuales, debes preguntar para qué sirven los ojos.

Gibson creía que el sistema visual de un animal está construido para recoger información de las superficies, lo que mejora su habilidad para transitar en el medio. El sistema visual no está fabricado para elaborar una copia exacta del mundo real: está construido para trabajar sobre la base de datos que maximicen su función. El concepto se apartaba de la tradición estructuralista. Era un mundo de superficies y texturas, no de medidas altamente cuantificadas de dimensiones físicas de un estímulo como una luz. El cerebro, decía, no precisa introyectar una réplica del mundo externo: sólo necesita pistas para funcionar adecuadamente.

Roger Shepard, uno de los más destacados psicólogos contemporáneos, que trabaja en la Universidad de Stanford, se ha dedicado a pensar por qué vemos las cosas como las vemos. Inspirado en la tradición gibsoniana, se mueve con soltura entre las matemáticas, la física, la psicología y la teoría de la evolución. Nos guía por su pensamiento acerca del cerebro y la percepción describiendo cómo está construido el cerebro para ver determinadas cosas.

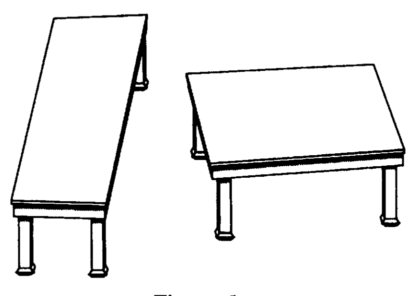


Figura 1

Consideremos la Figura 1. Shepard dibuja dos mesas, una en un plano vertical, la otra en el horizontal, para agregar perspectiva. Parecen diferir en forma y tamaño, pero no es así. Son idénticas. Observe lo que su cerebro ha hecho automáticamente por usted. Si no lo cree, tome un pedazo de papel y calque la superficie de la mesa vertical. Después compárela con la mesa horizontal. Las dos coinciden exactamente. Asombroso.

La explicación está en la forma como el cerebro computa información desde una estructura bidimensional (la retina) y la transforma en una realidad tridimensional. Esto funciona así: ciertos datos de la perspectiva (las líneas axiales largas) sugieren que la mesa de la izquierda tiene profundidad. Las líneas axiales largas de la mesa de la derecha están en ángulo recto respecto de la línea de visión. Cuando la retina reacciona ante estos datos, ambas mesas son idénticas. Pero el cerebro reacciona automáticamente a la profundidad de la mesa izquierda e infiere (por noso-

tros) que, puesto que la mesa se alarga en profundidad, la imagen ha sido reducida. Y, como ha sido reducida igual que una mesa real en una profundidad real, debe ser más larga. Lo mismo vale para la apariencia de la mesa derecha, que parece que fuera más ancha. Hay otros datos que ayudan a generar esta ilusión, pero aunque pueda entender que las imágenes son iguales y mi mente consciente lo sepa, el conocimiento no altera mi percepción. El cerebro corrige automáticamente y nada puedo hacer al respecto. Al explicar esta ilusión y muchas otras variantes de gran interés, Shepard nos guía por el universo físico y por las leyes con que el cerebro maneja la información acerca del mundo real. Esta no es psicología *pop* o de circo. Es la realidad.

El camino para entender por qué el cerebro procesa automáticamente la información visual empieza con la naturaleza del sistema biológico en el mundo tridimensional en que hemos evolucionado. Shepard opina que la selección natural modeló nuestros sistemas de percepción y cognición, igual que el color de la piel, la estatura o la forma. Señala que "el ave de presa obtuvo espolones acerados y vista aguda, así como la rata consiguió ágiles patas y la capacidad de recordar en el acto el emplazamiento de su nido". Todo organismo, gracias a la selección natural, incorpora conductas y rasgos físicos que le permiten sobrevivir a la dinámica de su hábitat. La medrosa rata precisa de una conducta escurridiza para huir del ave

de presa. Pero ambos animales viven en un mundo común, con leyes físicas. Los dos se han adaptado a los ritmos circadianos de veinticuatro horas de la Tierra, a una cierta invariabilidad de las leyes físicas y –en este caso, una consecuencia de otra ley– a la conservación del impulso angular.

Más allá de inquirir cómo la selección natural cinceló las capacidades de las especies para sobrevivir a desafíos locales, Shepard quiere saber cómo las leyes invariables de la física se aplican a las diversas propiedades psicológicas de la mente. Al igual que el entendimiento de los ritmos circadianos que muestran aves y ratas, criaturas de todo tipo deberían entender –si poseen la capacidad de abstracción necesaria– los principios generales que gobiernan la forma como el cerebro trata automáticamente con colores, perfiles, objetos y una variedad de cosas. Juzga que los psicólogos se concentran demasiado en la adaptación al nicho local. ¡Piensen en grande –implora Shepard– y recuerden que toda forma de vida se adaptó a las mismas leyes invariables del universo físico!

El concepto clave que Shepard intenta aprehender se relaciona con el papel desempeñado por las leyes invariables que guían la operación de lo que denomina *espacio representacional* de un campo. Toda criatura, grande o pequeña, vive aherrojada en su propio espacio representacional. Muchos tipos de espacios representacionales recorren la gama completa de complejidades perceptivo-cognitivas. Una de las ideas centrales, aplicada a diversas com-

petencias, proviene de las probadas leyes de generalización, debatidas durante años en contextos psicofísicos y psicológicos. En términos sencillos, un organismo se ve confrontado a un objeto que se convierte en el primer miembro de una categoría. Puede ser la letra A o una planta. A continuación, el organismo percibe otros objetos e instantáneamente los compulsa con el primer miembro de la categoría. Obtiene valores, y el cerebro empieza a seleccionar de un modo invariable las correspondencias dentro del conjunto de datos relacionados o no relacionados.

El cociente de regularidad entre objetos lo revela la *graduación multidimensional*, una forma matemática de colocar objetos de modo que la distancia entre puntos en el espacio sea proporcional a la semejanza psicológica entre los objetos correspondientes en la mente de la persona; agrupa automáticamente los objetos que reconoce, y el cerebro lo respeta. Estos mecanismos fundamentales, cree Shepard, serían propios de los agrupamientos de orden superior, especies (incluyendo seres humanos) que los utilizan para decidir, digamos, si un objeto es comestible o venenoso. Es más, Shepard quiere que sus categorías incluyan elementos como "cuchillo", "cacerola" y "silla" para los humanos, o "senda", "madriguera" y "nido" para otros animales. Estas categorías mentales son simples artificios del hecho de que la selección natural aplica a los objetos físicos propiedades como ángulos, movimientos y color.

Una muy amplia investigación respalda los razonamientos y análisis matemáticos que gobiernan esta propuesta. Para mis propósitos es demasiado complejo tratar ahora cómo los ítems caen en el "espacio consecuencial" de un organismo (esto es, si los acepta como buenos o malos). El sencillo fenómeno perceptual en la ilusión de las mesas es sólo un nivel en una montaña de pensamiento y análisis.

. . .

El cerebro humano contiene miríadas de mapas que corresponden de manera ordenada al mundo externo; en la zona cerebral que gobierna la visión hay por lo menos treinta mapas. Muchos están diseñados para manejar tareas visuales especializadas, como la detección de movilidad, color y forma. Este reparto de tareas se hace manifiesto en sujetos que han sufrido daños localizados en tales áreas y muestran insólitas anormalidades. En la visión normal, el procesamiento neural que opera en aquellas zonas separadas se combina de una manera que nos permite gozar de la percepción consciente de un objeto tan cromático y movedizo como un cardenal rojo.

Cuando el cardenal canta, agregamos un nuevo mapa desde otra modalidad, la audición, y mapeamos el canto con la estampa del ave. El cerebro, otra vez, cumple esta tarea de modo automático, antes de que lo sepamos. El procesador cerebral

integra los datos en un solo percepto.[30] Esta noción surgió del estudio de sujetos normales cuyos sistemas de atención estaban sobrecargados de trabajo. En efecto, un sistema recargado suele responder de manera extravagante, generando ilusiones bien diferentes de las que imaginó Shepard. Por ejemplo, se muestran fugaces letras coloreadas a los sujetos y se les pide informar al mismo tiempo el valor de un número. Si se les muestra por ejemplo una X roja y una O azul cuando están ocupados con los números, ¡dicen haber visto una X azul o una O roja!

La atención, dividida y recargada por las letras de color y la simultánea identificación numérica, genera la denominada *conjunción ilusoria.* Esta aparece cuando elementos de estímulos dispares se combinan en la mente y construyen un objeto que no existe. En el ejemplo citado, el color rojo de la X se deslizó y amalgamó en la mente hasta impregnar la letra O. Empieza a fallar el sistema automático, que localiza un objeto en el espacio y agrega color, moción o textura. El resultado de la sobrecarga es que incluso en el cerebro normal el cemento del sistema perceptivo –el sistema de atención, que maneja este tipo de tareas y aglutina los objetos en la mente– se tensa más allá de sus límites, generando una disfunción en el mecanismo automático que vincula los rasgos distintivos de un estímulo.

Un mecanismo del cerebro que combine la información de elementos perceptuales debe

localizarse, casi por definición, fuera de las áreas primarias y secundarias de visión. El cocinero prepara la sopa, cuyos ingredientes son entidades discretas antes de ser combinadas. No sorprende, pues, que la zona del cerebro encargada de estos procesos automáticos superiores de combinación sea el *lóbulo parietal*. El examen de un paciente (R. M.) con lesiones bilaterales en esa zona mostró una conducta inusual.[31] Aunque un sujeto con este tipo de daño debe tener dificultades de percepción espacial, nadie había calibrado hasta qué punto esta zona del cerebro liga color y forma en una sola localización.

R. M. había perdido su capacidad de ligazón automática. En efecto, al contemplar objetos veía sus colores revoloteando en derredor. Ante dos muestras coloreadas, presentaba un porcentaje elevado de conjunciones ilusorias. Un efecto impresionante: en sujetos normales, los estímulos deben administrarse por no más de doscientos milisegundos para producir efectos, y R. M. reportaba conjunciones ilusorias incluso cuando los estímulos duraban diez segundos. Se había dañado para siempre la zona del cerebro encargada de gatillar combinaciones de orden superior.

Anne Treisman y sus colegas han desarrollado numerosos trucos para desentrañar la organización del sistema visual. Empujando al sistema hasta sus límites, o estudiando a pacientes con daños importantes, han podido descubrir los procesos automáticos de orden superior. Ahora que se investiga

agresivamente el cerebro automático, estamos aprendiendo más acerca de como opera. Pero, conforme ascendemos a mecanismos cognitivos superiores, suponemos que los dispositivos preinstalados en el cerebro ejercen menor actividad. ¿Acaso puede pensarse que sólo los procesos más básicos –como unir color y forma, algo que parece tan automático y ubicuo– vienen preinstalados y no aquellos asociados al juicio? De ninguna manera. Estos están bajo nuestro directo control consciente.

En una amplia maniobra destinada a saber cuánto dependemos de otros aspectos automáticos de nuestro sistema de atención, Patrick Cavanagh, talentosísimo psicólogo de Harvard, y sus colegas, se preguntaron si la capacidad de resolución de nuestro sistema de atención es limitada o no en el mundo físico. Sabemos que nos resulta difícil resolver detalles muy finos en una escena visual. Por ejemplo, unas líneas de cierto grosor impresas en una página pueden acercarse sólo hasta un cierto punto antes de convertirse en una sola línea.

Por otra parte, el sistema que monitorea el arreglo visual e intenta potenciar el procesamiento de esa información también posee límites de resolución. Consideremos la Figura 2. Fija la vista en el signo + y no muevas los ojos. Considera qué fácil es ver las tres líneas de la derecha. Están dentro de la capacidad de resolución de tu sistema de atención. Ahora concéntrate en las múltiples líneas de la izquierda, manteniendo siempre la vista fija en el

signo +. Intenta ver una sola o contarlas. Imposible. El sistema de atención es incapaz de diferenciar estos detalles. Tiene sus límites y no se puede hacer gran cosa para compensarlos. Este proceso de alto nivel, que puede ser aplicado a una escena visual, también tiene sus límites. Por esto, en un momento dado, sólo parte de los elementos visuales de una escena están a disposición de la percepción consciente.

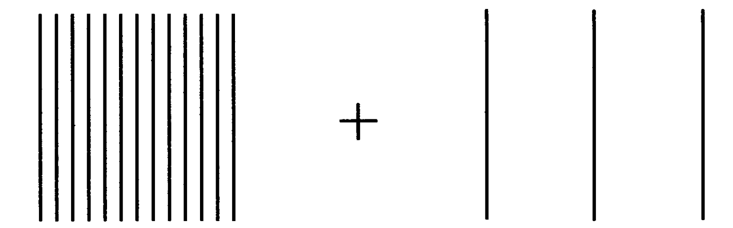


Figura 2

Esta elegante observación plantea varias cuestiones. La primera estación cortical para la información visual, la zona VI,* tiene un poder de resolución que le permite distinguir todas las lí-

* El área visual primaria (VI) o corteza estriada ocupa el manto de los lóbulos posteriores occipitales del cerebro. Por más de medio siglo se aceptó la hipótesis dualista de Lissauer, según la cual el conjunto de informaciones venidas de la retina de manera "retinoscópica" era comunicado a las zonas corticales aledañas, temporales (entre otras). La visión parecía un proceso "en bloque" con enriquecimiento secundario por "diálogo cortical" en zonas asociativas o secundarias. Ultimamente se considera que el tráfico entre área visual y áreas corticales "asociadas" (en particular temporales y frontales) no debe ser subestimado. (N. del T.)

neas. En condiciones ideales, las fóveas humanas [el punto de visión más agudo y de mayor discriminación cromática] pueden diferenciar a un brazo de distancia hasta ciento diez líneas blancas y negras pintadas en una uña. Esto es, desde el punto de vista sensorial el cerebro capta detalles finos y entrega una representación bastante puntualizada para que pueda vérselos. Ahora bien, el sistema de atención, gobernado por una zona más profunda del cerebro, es incapaz de extraer esta información de la superficie sensorial y utilizarla conscientemente. ¿Llega la información a la conciencia y es utilizada de maneras sutiles, o no llega en absoluto y no influye en la percepción? Para explorar este campo, Cavanagh examinó un fenómeno muy conocido, el *amontonamiento.*

Los efectos de amontonamiento suelen estudiarse empleando secuencias de letras, sin importar si forman palabras o no. Cuando se las presenta a un lado del punto de mira, las letras centrales de la serie son más difíciles de detectar que las de los extremos. Estos límites de la capacidad de resolución persisten aunque los sujetos observen la serie largo rato. Se postularon varias razones para este efecto paradójico. Algunos sugieren que las células retinales inhiben a sus vecinas y perturban el flujo de información neural hacia el cerebro.

Cavanagh cree que el acertijo se resuelve apelando a la *energía de resolución atencional.* La idea es que, así como el sistema visual acota nuestra acuidad, el sistema de atención limita la cantidad

de información perceptible en un estímulo visual determinado. Sobre la base de una versión del paradigma del amontonamiento, demuestra cuánto recorte de información visual ocurre fuera de la percepción consciente. En vez de emplear series de letras, configura una técnica denominada *adaptación selectiva.* Se presenta al sujeto una grilla de líneas orientadas en una dirección. A poco de observar, las neuronas de la corteza visual primaria se adaptan a la grilla. Ahora bien, las presentaciones subsiguientes de grillas orientadas de idéntica manera son cada vez más difíciles de detectar, como si las neuronas concentradas (en las líneas verticales, por ejemplo) se fatigaran. Sin embargo, al presentar rejillas cuyas líneas se orientan en otra dirección, las neuronas recuperan su capacidad habitual de atención...

En el experimento central, Cavanagh adaptó sujetos a una grilla o a un conjunto de cinco grillas que reproducen la situación de amontonamiento. La interrogante era sencilla: ¿qué porcentaje de la información que llega al cerebro a través del sistema sensorial alcanza percepción consciente? Cavanagh empezó por presentar una sola grilla. Los sujetos la vieron y notaron la orientación de las líneas. Después de que las estudiaran un momento, se les mostró otra grilla, cuyas líneas repetían o no la orientación de la primera. Como era previsible, les resultó arduo detectar la segunda grilla parejamente orientada: la

adaptación selectiva generaba fatiga neuronal. Pero los sujetos detectaron sin dificultades una segunda grilla con orientación diferente. Describieron sin dificultad todos los eventos, porque ocurrían dentro de la ventana de resolución atencional.

¿Qué sucede en la otra condición, cuando los sujetos ven una serie de grillas amontonadas? Son incapaces de detectar la orientación de la grilla clave. Al ser interrogados, responden al azar. Con todo –y esto es crucial–, los mismos sujetos continúan selectivamente adaptados a la grilla y su orientación. También responden con mayor incapacidad para detectar la grilla que ya han visto, a pesar de no tener conciencia de su orientación.

Sir Francis Crick* y su ayudante Christof Koch sugieren que este tipo de experimentos prueba que nuestro cerebro consciente no percibe el procesamiento de información en la zona VI. Ambos llevan a cabo un programa para determinar qué zonas del cerebro están involucradas en la experiencia consciente y cuáles no.

* Sir Francis Crick, el codescubridor del ADN. Aunque en su primer período se dedicó a la estructura molecular en la Universidad de Cambridge, decidió pasar sus últimos años en el Instituto Salk, investigando el cerebro. Como la timidez no es uno de sus atributos, ahora intenta ayudar a los neurocientistas a encontrar el camino en los grandes temas, por ejemplo, cómo el cerebro habilita la experiencia consciente.

Sostienen, con gran agudeza, que la activación de las neuronas de la zona VI no basta para la experiencia visual consciente, porque: a) la investigación neurofisiológica en animales indica que la detección de la orientación de líneas sólo empieza en la zona VI, b) VI es el sitio probable para detecciones de orientación que generan adaptaciones, y c) en la condición de amontonamiento, los sujetos no pueden detectar la orientación de la grilla. El mensaje para los neurocientistas: hay que buscar la zona cerebral responsable de la percepción consciente en otra parte. Por cierto. Al mismo tiempo, es obvio que el cerebro inconsciente –con sus millones de procesos laborando sin pausa– utiliza la información, sólo que lo hace fuera de nuestro control consciente. El trabajo de Crick y Koch demuestra también que los procesos inconscientes ocurren en la corteza, como vimos en el análisis de la visión ciega.

Cavanagh quiere empujar el inconsciente más hondo en la cadena de procesos corticales. Opina que el sistema de atención, con su capacidad automática para limitar qué llega a la conciencia, entra en juego tardíamente en las secuencias elaboradoras que dirigen nuestro mundo perceptivo. Muchos han sugerido que el sistema de atención elabora la información al interior del sistema visual primario, pero Cavanagh no lo cree. Para llegar a esta conclusión se vale de ingeniosos experimentos visuales y los combina con datos clíni-

cos de pacientes con daños en el lóbulo parietal: los datos corroboran su hipótesis.

Aunque sabemos que la acuidad visual disminuye conforme nos alejamos de un punto en el espacio, nada demuestra que difiera entre la zona superior y la zona inferior del campo visual. La información sensorial que el cerebro recibe de los detalles de encima o debajo de un punto fijo es idéntica. Pero la resolución automática del sistema de atención trata ambos horizontes de distinto modo. Imagina una caja rectangular donde hay nueve puntos en movimiento constante. Debes seguir, con la vista, la trayectoria de dos. Al cabo de un instante, los puntos se detienen y debes señalar los dos que seguías. Obtendrás resultados mucho mejores si la secuencia visual se halla en el campo inferior de visión. Si la secuencia está en la zona alta, tendrás dificultades. El campo visual inferior es más sensible que el superior, como lo demuestran esta y otras tareas propuestas al sistema de atención.

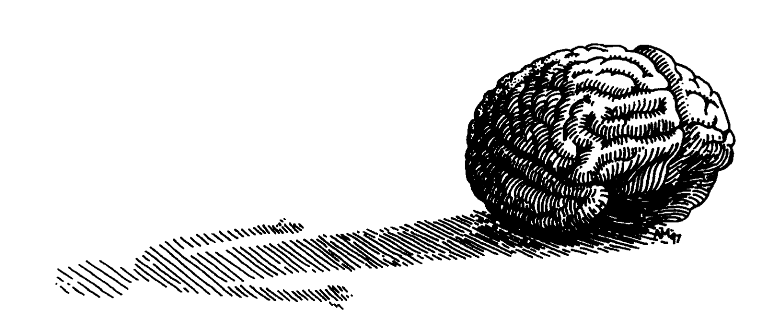
El resultado invita a la especulación: ¿cuándo fue la última vez que miramos espontáneamente hacia arriba? Rara vez lo hacemos. Por eso, en la guerra de guerrillas, el lugar más seguro para ocultarse del enemigo son los árboles. Quizás no miremos hacia arriba, porque, mientras caminamos, es mucho más importante atender a los detalles del terreno. El sistema de atención –gracias a la evolución– distingue mejor los objetos situados en nuestro campo inferior de visión. Esta potenciada

capacidad para procesar información en nuestro campo bajo es coherente con que en el lóbulo parietal haya más conexiones desde el área del cerebro que representa al campo visual inferior. Recordemos que el lóbulo parietal gobierna la atención espacial. Estas conexiones pueden haber terminado dominando al cabo de los años, gracias a la selección natural.

La habilidad del sistema de atención para distinguir dos acontecimientos separados en el tiempo es limitada. El sistema sensorial temporal funciona bien si el sistema visual detecta una luz centelleando a cincuenta hertz, pero no puede decir si la luz se enciende o apaga cuando centellea más rápido que entre cuatro y seis hertz. La cinematografía depende de esta limitación cerebral. Cuando un estímulo cesa y empieza otro, debe haber un intervalo temporal que nos permita percibirlos como dos estímulos. Si no es así, percibimos un solo acontecimiento. Si poseen diferentes localizaciones espaciales, el cerebro, juiciosamente, interpreta un movimiento continuo adjudicándoles una separación temporal.

La visión y la atención son procesos situados literal y figurativamente en nuestro rostro. Las adaptaciones que nos ayudan a ver y atender estímulos relevantes del mundo exterior son principalmente automáticas. Podemos ver cómo se desarrollan esos procesos, igual que un mensaje grabado. Cuando éste se despliega, observamos y

recopilamos los sucesos para que la mente consciente los interprete. Aunque en ciertas ocasiones hacemos extrañas interpretaciones, es difícil engañar al cerebro. Sólo se engaña la mente.



# 5. *La sombra sabe*

**Lo más bello que podemos experimentar es lo misterioso. Es la fuente de todo arte y ciencia genuinos.**

ALBERT EINSTEIN, *Lo que creo*

¿Quién no se estremece al observar la abismante precisión con que el quebrantahuesos desciende y atrapa a su presa en el agua del río? Para alimentar a su camada, este pájaro localiza un pez desde cien metros de altura y de alguna manera, antes de lanzarse, corrige la distorsión prismática provocada por el agua. El quebrantahuesos regresa a su nido, alimenta a las crías y descansa.

Todo ocurre automáticamente. De los ojos a las garras, los cómputos favorecen la caza. Pero nada es casual: el desarrollo ayuda al pájaro a localizar la presa con exactitud. Aunque nadie le enseñó la ley de Snell acerca de la refracción de la luz, sabe que el pez en realidad está detrás de donde indica su imagen. Además de establecer la posición y velocidad de la presa, debe calcular su propia velocidad y evaluar la profundidad del agua. Por supuesto que su eficacia y precisión mejoran con peces lentos y en aguas quietas y poco profundas; estos factores implican que hay límites en la cantidad de información visual que obtiene el quebrantahuesos.

Ahora bien, las cosas se vuelven endiabladamente complicadas al considerar el detalle: aparte de la luz reflejada por la superficie del agua, el quebrantahuesos debe ignorar el reflejo de los objetos del fondo. Una retina sensible a las ondas cortas (425-525 nanómetros) capta los objetos en aguas azules y profundas. Para las aguas bajas y verdosas es mejor otro rango (520-570 nanómetros). Pero la luz superficial se refleja en longitudes de onda superiores a 570 nanómetros. ¿Cómo elimina el quebrantahuesos el resplandor de la superficie para ver lo profundo? Que yo sepa, Armani no ha lanzado ningún modelo de gafas de sol para pájaros.

Predomina la idea de que la reducción del brillo se relaciona con la cantidad de gotitas oleosas en el ojo del ave. Las gotitas oleosas en los conos de la retina del quebrantahuesos contienen pigmentos caroténicos disueltos, los que deben servir como filtros cromáticos. En suma, el pájaro nacería con gafas de sol. Para verificar esta idea, unos científicos compararon varias clases de pájaros según el número de gotitas oleosas de sus retinas. ¿Tendrían menor cantidad aquellos que cazaban a ras de tierra, donde no necesitan compensar la luz reflejada? Por supuesto. En cormoranes y alcas, pájaros que persiguen peces bajo el agua, las gotitas son escasas; en gaviotas y gaviotines, cazadores de altura, abundan. La madre naturaleza es maravillosa, y mejores son los hombres de ciencia que infieren estas cosas.

Tal como los instintos comandan la construcción del enorme nido del quebrantahuesos, dirigen la navegación del pájaro desde y hacia ese nido durante las migraciones. El quebrantahuesos está repleto de circuitos neurales que facilitan automáticamente conductas discretas como la construcción de nidos, la pesca y la migración. Sabe cómo corregir la desplazada imagen del pez y plantar las garras más atrás. El cerebro automático que gobierna el campo visual inferior del quebrantahuesos no se deja engañar por las apariencias.

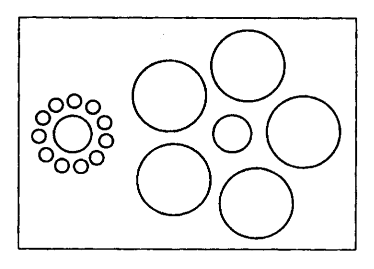
Algunos astutos ejecutivos decidieron aprovechar esta habilidad de las aves rapaces. La Union Oil Co. ha tendido cientos de miles de kilómetros de gasoductos en el desierto estadounidense. En ciertos puntos podía haber filtraciones. ¿Cómo hallarlas? Inyectaron en los ductos etil metcarpán, sustancia que huele a carne putrefacta, comida que parece exquisita a los buitres (curiosamente, a los humanos les huele a orina después de comer espárragos). El buitre depende de su acuidad olfatoria para detectar comida a grandes distancias y, por cierto, su voluminoso cerebro olfatorio y su epitelio nasal hipersensible, le permiten oler muchas cosas. El problema se solucionó: la compañía envió patrullas tras los buitres, que olían las filtraciones.

Cuando pensamos el cerebro humano, siempre resulta útil observar los ubicuos procesos automáticos animales. En la naturaleza abundan los dispositivos peculiares que logran verdaderas proezas, y también nosotros somos una colección de

dispositivos. Aunque nuestro sentido de propósito y la centralidad de la voluntad aparezcan en primer plano, subyace en nosotros una maquinaria automática altamente especializada.

. . .

La ilusión de las mesas de la Figura 1 demuestra la capacidad del cerebro automático para generar poderosas ilusiones que provocan respuestas motrices a sucesos visuales. Pero si intentáramos asir la larga e ilusoria mesa de la izquierda o la ancha mesa de la derecha, podríamos llevarnos una sorpresa. Ni las cosas están donde las vemos ni el cerebro automático se deja engañar. Consideremos la ilusión de Ebbinghaus.[32] Aunque en el cua-



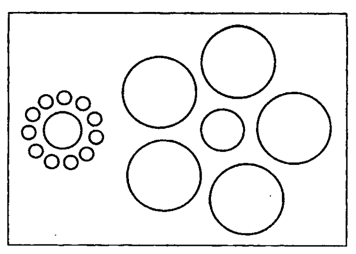


Figura 3

dro de la Figura 3 los dos discos centrales parecen de diferente tamaño, son iguales. La ilusión inferior fue alterada, de manera que ahora ambos discos parecen idénticos. Pero la similitud es ficticia: el disco de la derecha es más grande.

Por años se ha sabido que juzgamos paradójicamente los tamaños: percibimos la magnitud de los objetos en una serie de manera relativa, no absoluta. Un cambio en la magnitud real de un objeto produce escaso efecto en nosotros; así, las ilusiones abundan cuando vemos televisión o una película. Los cambios reales de magnitud y distancia en objetos tienen un impacto desdeñable en nuestra percepción.

¿Se organiza el cerebro de una manera para percibir ilusiones y de otra para responder a ellas?[33] Después de todo, cuando queremos tomar una naranja o asir una rama –como lo hace el mono que brinca por la jungla–, debemos abrir o ahuecar la mano según el tamaño real del objeto, no del que aparenta. Al fin y al cabo, de que obtengamos alimento o logremos refugiarnos arriba de un árbol puede depender nuestra supervivencia.

Melvin Goodale encaró una de las tareas básicas del cerebro: la transformación de una representación bidimensional (de la información visual) en una respuesta motriz tridimensional. Estudió cómo el cerebro efectúa estos cómputos con automatismo y soltura. En la trompa del elefante hay cerca de cincuenta mil músculos, cada

uno con su propia inervación; cuando coge un cacahuete que una mano le ofrece, ¿cómo logra conciliarlos en un solo movimiento veloz y perfecto? Las fascinantes observaciones de Goodale (no en elefantes, sino en humanos) agregaron una nueva dimensión al misterio. Le interesaba indagar cómo las personas abarcan objetos que parecen más grandes o pequeños de lo que son en realidad.

Bregó con este problema durante años, desde que empezó a examinar a un paciente, D. F., intoxicado con monóxido de carbono. Es raro pero no en extremo infrecuente que los sujetos que sobreviven a este trauma desarrollen un sistema perceptual extraño. De pronto ya no son capaces de identificar objetos, disfunción denominada *agnosia de objeto.* Si les muestras una manzana o una pera no la reconocen, aunque vean "algo". No es un problema de lenguaje: si les colocas el objeto en la mano, donde la sensación táctil transmite de inmediato su contorno al cerebro, lo reconocen.

Así, no ven la manzana ni perciben conscientemente su naturaleza, pero pueden cogerla. Además, ahuecan correctamente la mano que acercan al objeto. En pruebas más precisas, se les muestran bloques de diversas magnitudes. Si bien anticipan sin error sus dimensiones, ajustando la apertura de sus dedos índice y pulgar a medida que acercan la mano a cada bloque, son incapaces de evaluar el ancho con ambos dedos si el objeto está lejos de su alcance. En suma: a nivel

de la experiencia consciente no conocen la naturaleza del objeto; a nivel de capacidades visualmotrices, el cerebro sabe qué hacer con el objeto, a pesar de que los sujetos no lo adviertan.

Este fenómeno se entiende mejor si volvemos un poco atrás y observamos cómo el cerebro distribuye información por la corteza. Como dijo Yogi Berra, "cuando llegues a la bifurcación en la ruta, tómala". El cerebro sabe elegir una bifurcación, mas no sabemos cómo lo hace. En los últimos veinte años se detectó una pista valiosa: una vez que ha llegado la información visual a nuestra primera y primaria zona cortical –la corteza occipital–, transita en una de dos direcciones (ver Figura 4). El *canal dorsal* se dirige al lóbulo parietal y el *canal ventral* apunta al lóbulo temporal. Pues bien, el sistema visual obedeció a Yogi y escogió ambos canales, aunque deberes inevitables hacia ciertos datos puedan favorecer un camino más que el otro.

Los pacientes con lesiones en el canal dorsal, lesiones que dañan las conexiones del lóbulo parietal, ven objetos pero no pueden asirlos. Parecen incapaces de utilizar la información espacial propia de toda escena visual. Saben qué es el objeto, pero ignoran dónde está. Esta era la manera clásica de pensar las cosas en neurociencia. Los sujetos con lesiones en el lóbulo temporal, que afectan el canal ventral, se comportan como D. F. Sufren de agnosia de objeto, no saben qué puede ser, pero pueden asirlo con precisión, y ahuecan

la mano correctamente. Por algo el canal ventral fue nominado la vía del "qué".*

Goodale plantea incluso otro enfoque: en lugar de seleccionar funciones por el qué y el dónde, propone el qué y el cómo. David Van Essen, de la Universidad de Washington, sostiene que el lóbulo temporal –zona del cerebro equipada para identificar cosas– procesa información centrada en el objeto, como forma, color y tamaño. Esta parte del cerebro está preparada para identificar cosas. Pero debe existir un lugar para un procesamiento centrado en el sujeto, que se pregunte: "¿Qué hago yo con esto?" ** Ese lugar es el lóbulo parietal y de allí el canal dorsal. Desde el punto de vista del espectador, el objeto cambia constantemente de posición en el espacio. Algo debe seguirle la pista y entender lo que esto significa para futuras acciones.

Ahora se aclaran los experimentos de Goodale. Sin duda hay ilusión perceptual, y tan grande como la vida, como vimos en la Figura 1. Pero la zona del cerebro que fabrica la ilusión se hunde en la bifurcación ventral, a kilómetros, por decirlo así, del área que genera movimientos. Esta últi-

* El canal dorsal sería entonces la vía del "dónde". (N. del T.)

** Existen sólo dos maneras de reconocer un objeto: 1) nombrarlo o describirlo, 2) demostrar su uso. Si el paciente puede demostrar el uso pero es incapaz de nombrar un objeto, sufre de *afasia.* Si desconoce su empleo, padece una *apraxia.* La agnosia subyace parcialmente en ambas. (N. del T.)

ma reacciona a la representación real de la imagen, no a la ilusoria. En síntesis, el canal dorsal conserva una visión realista del objeto a pesar de la percepción estrafalaria.

El lóbulo parietal es el héroe anónimo del cerebro. Los científicos prefieren analizar los lóbulos visuales, porque parece más fácil estudiar las cosas antes de que se compliquen. Así, los lóbulos frontal y temporal reciben atención prioritaria porque sus lesiones producen problemas conductuales que van desde graves disfunciones lingüísticas y de pensamiento hasta problemas de memoria. Pero al interior de la "sala de problemas" está el lóbulo parietal. Recibe las percepciones sensoriales y organiza la respuesta corporal. ¿Qué puede ser más fundamental?

Cuando estudiamos la función del lóbulo parietal, se nos presenta otra vez la cuestión del *timing*. ¿Cuándo ejerce su acción? ¿Acaso el cerebro automático decide qué hacer antes que nosotros? Así es, y la prueba es de lo más ingeniosa en neurociencia.

Michael Platt y Paul Glimcher[34] estudian el lóbulo parietal en monos para ver cómo las neuronas de la corteza parietal responden a los desafíos. Cada neurona posee un campo receptivo. Platt y Glimcher registran un grupo de neuronas en el área del cerebro denominada *lóbulo parietal inferior*. Fija los ojos en un punto de la pared cercana. Es exactamente lo que hace el mono, sentado en una silla. Imagina que alguien mueve una barra

por la pared. Allí hay un lugar –digamos ocho centímetros por encima del punto que estás mirando– que provoca una descarga de gran intensidad; cuando la barra pasa por esa zona, la neurona parece una ametralladora. Si la barra se aparta del campo receptivo, la neurona interrumpe la descarga.

Cuando el mono mira hacia adelante, el experimento plantea una tarea: o bien mirar una luz que cae dentro del campo visual de la neurona que los investigadores observan, o mirar una luz que caiga fuera. El punto de mira es una luz alternativamente roja o verde. Si es verde, se supone que el mono mire la luz que cae en su campo receptivo. Si es roja, el mono debería mirar la que está por debajo. Después de esta fase del experimento, el mono espera que la luz pertinente se difumine. Cuando se apaga, el mono debe volverse hacia la luz en la posición indicada.

Platt y Glimcher descubrieron que una neurona descarga más cuando el estímulo dentro del campo receptivo es el blanco del movimiento ocular, el lugar al que deberían apuntar los ojos. La misma neurona no descarga tanto si el blanco es la otra luz. Cuando el blanco idéntico de un movimiento potencial desempeña un papel meramente distractivo, que sólo transmite el momento oportuno para moverse, la neurona responde débilmente. Esto significa que la neurona no sólo está prestando atención al estímulo; además codifica información relativa a la dirección del movimiento.

En seguida Platt y Glimcher se preguntaron si la neurona sabe algo acerca de la probabilidad de que sea la luz en su campo receptivo la que se mueve. También querían averiguar si la neurona conoce el tamaño de la recompensa que el movimiento traerá al animal. En este tipo de experimento, la gratificación se reduce a una cantidad mayor o menor de zumo de frutas, y los monos, que adoran el zumo de frutas, revelaron hasta qué punto el lóbulo parietal sabe acerca de la decisión motriz. Los investigadores variaron la probabilidad y el tamaño de la recompensa, porque tanto la teoría económica clásica como la teoría psicológica de la elección racional predicen las respuestas del sistema decisorio. Todos ansiamos conocer las eventuales gratificaciones y a cuánto podrían ascender. Platt y Glimcher comprendieron mejor este asunto y mucho más.

Grabaron desde la neurona el desarrollo de la tarea y separaron los datos en lapsus temporales; en el primero, el mono mira la luz fija. En este período realmente hay incertidumbre, el mono aún ignora hacia cuál de los dos blancos moverá los ojos. Platt y Glimcher agregaron dos marcos temporales: después de la identificación del blanco y cuando los ojos se mueven. Así, conocían la neurona antes de que el mono decidiese qué blanco mirar. Además, antes de que el mono moviera los ojos, sabían cuándo identificaba el blanco y el tiempo del movimiento ocular.

La neurona sabe qué luz tiene más probabilidad de moverse en su campo receptivo. A mayor recompensa eventual, mayor descarga. La neurona descarga más durante las fases iniciales del test, cuando no sabe hacia dónde deberá moverse el animal. A medida que progresa el experimento, la neurona cambia de actitud y empieza a codificar información relativa al movimiento futuro. Platt y Glimcher sabían esto, porque a lo largo de múltiples ensayos examinaron cómo descarga una neurona cuando es altamente probable que el blanco esté en su campo receptivo, y cómo lo hace cuando es improbable. En ambas condiciones, sin embargo, la neurona descarga intensamente desde que el animal comienza a moverse.

A continuación, los investigadores quisieron averiguar si la neurona conoce el tamaño de la recompensa generada por un movimiento correcto. Pues bien, lo sabe. Este es uno de los primeros trabajos que demostraron lo crucial de la participación del lóbulo parietal en el sistema decisorio. Las neuronas no sólo aparecen prestando atención a una parte de su mundo visual, sino que están ligadas a la utilidad del movimiento. Gran parte del trabajo ocurre antes de que se insinúe siquiera la decisión del animal. Nuevamente está trabajando el cerebro automático.

Antes de cambiar de tema, debo aclarar un punto desagradable: el por qué del enfoque unicelular. Hay algo muy decepcionante en la idea de que una simple neurona determine la elección

de conducta. Es más cómodo pensar que el trabajo lo ejecuta una circuitería más compleja. ¿Por qué la medición de la actividad de una sola célula puede decirnos más acerca del cerebro que la entrevista a un neoyorquino acerca de su ciudad?

La única respuesta es la excelencia de los resultados experimentales. Michael Shadlen prosigue la indagación con una variante del chiste de la bombilla:* ¿cuántas neuronas se precisan? En otras palabras, ¿cuántas neuronas necesitan participar en una decisión? Después de sesudas manipulaciones matemáticas, Shadlen concluye que cerca de cien. Dejo el tema con esta broma... y la clara sensación de que el enfoque unicelular tiene mucho que decir acerca de los mecanismos cerebrales superiores.

. . .

No es difícil entender por qué ciertos fenómenos visuales fascinaron durante siglos a las mentes curiosas. Ya en 1593, el físico G. B. Porta se preguntaba por qué con dos ojos vemos una sola imagen. Los ojos están separados en el espacio y cada uno ve las cosas desde un ángulo ligeramente distinto. Esto significa que la imagen proyectada desde cada

* El chiste es: ¿cuántos tontos se necesitan para instalar una bombilla? Uno para atornillarla y cien para hacer girar la casa. (N. del T.)

ojo a las regiones visuales del cerebro debe estar algo fuera de foco. Sin duda lo está, lo que plantea otra interrogante: ¿por qué no vemos doble? ¿Cómo soluciona el problema el cerebro automático?

Porta explicó que aprendemos a suprimir la información de un ojo, lo que por cierto sucede en el caso del punto ciego que todos poseemos en cada ojo. Los afectados de estrabismo –condición clínica en que uno de los ojos se desvía de su dirección normal– aprenden a reprimir la imagen entregada por el ojo desviado. Yo tengo un vasto punto ciego que me impide leer fácilmente con el ojo izquierdo: los exámenes demuestran que suprimo la información visual de ese ojo.

A la teoría de la supresión se opone la hipótesis de la fusión. No vemos doble, porque –entre otras razones– vemos la misma imagen, sólo que desviada en un cuarto de grado o menos. Esta minúscula desviación permite la visión tridimensional. Los fusionistas dicen que si dos imágenes se desvían un cuarto de grado o menos, el sistema visual las funde en una sola. Los supresionistas preguntan: "¿y cómo lo saben?" Quizás vemos alternativamente con uno y otro ojo.

Los psicólogos experimentales se dedicaron de inmediato a buscar las leyes que gobiernan el fenómeno, para descubrir los mecanismos subyacentes. ¿Qué sucede si las imágenes en los ojos son distintas? ¿Qué ocurre si son disímiles de una manera que pudiera ser aditiva? Después de numerosos

experimentos, llegaron a ciertas conclusiones. Por ejemplo, en 1858, P. L. Panum, uno de los grandes psicofísicos de su época, estableció leyes relativas a la percepción de la *rivalidad*. Esta surge cuando se presentan estímulos distintos a los dos ojos: por un momento percibimos uno por vez y de súbito, sin causa aparente, vemos el otro. Las imágenes se alternan a medida que seguimos mirando. Panum estableció cuatro principios:

1. Hay rivalidad intensa cuando los contornos del estímulo en un ojo entran en conflicto con los contornos de la imagen en el otro.
2. Si cada ojo recibe un estímulo cuyos contornos no se sobreponen, vemos los contornos de modo concurrente.
3. Si la imagen en un ojo posee mucho contorno, y el otro ve una imagen negra y simple, vemos siempre los estímulos perfilados.
4. Si cada ojo ve un color diferente, a veces los colores se mezclan.

Esta psicofísica clásica es moderada y escrupulosa. Sin embargo, la descripción del comportamiento de nuestro sistema visual no especifica cómo opera. Ingresa en el debate Nikos Logothetis, brillante neurocientista del MIT y ahora director de su propio Instituto Max Planck, en Tubinga, Alemania. Su equipo observa el cerebro del mono multipropósito, cuyo sistema visual es similar al

nuestro y que se comporta igual que nosotros en todo tipo de tareas perceptivas. Logothetis, hoy en un período de gran creatividad, explota magníficamente esta semejanza.

El postulado científico anterior decía que se alterna la "visión" de las imágenes incongruentes que se presentan a cada ojo debido al cansancio o a la supresión de los mecanismos visuales responsables del procesamiento de representaciones oculares (ver Figura 4). Logothetis empezó a buscar el proceso cerebral capaz de respaldar este supuesto, examinando las áreas visuales de procesamiento temprano VI, V2 y V4. Grabando desde neuronas individuales, halló un porcentaje reducido de células que sólo parecían descargar cuando el mono creía ver el estímulo proyectado en uno u otro ojo. Pero la mayoría de las células parecía ignorar qué ojo dominaba la percepción. Esta reacción intrigante indujo a Logothetis a explorar más a fondo el sistema visual.

Primero efectuó un experimento perceptual extraordinario que requería innovaciones de alta tecnología en los experimentos binoculares (aquellos que revelan de qué manera se coordina la información de los dos ojos). Una idea alternativa sostenía que la rivalidad no surge por la supresión de un canal ocular sobre el otro, sino por la competencia entre estímulos en alguna zona del cerebro. Antes de buscar el aspecto cerebral del asunto, Logothetis indagó si podemos caracterizar la rivalidad en términos perceptuales.

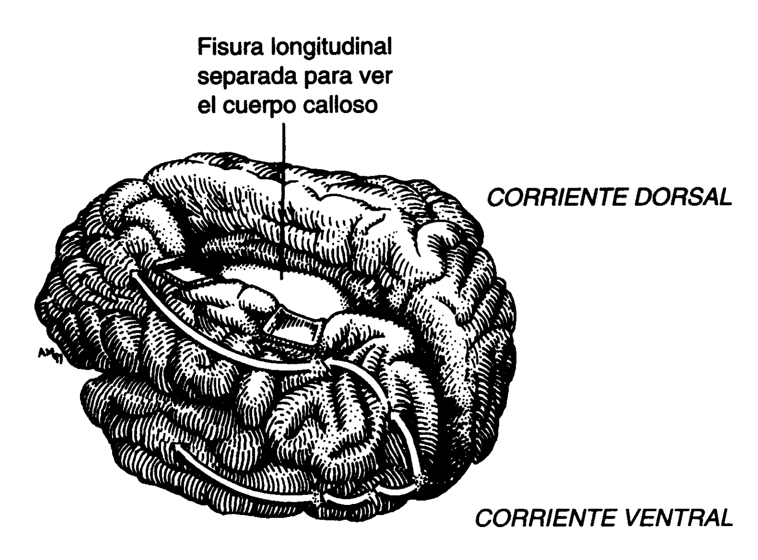



Figura 4

Su equipo inventó una manera de intercambiar los estímulos presentados a cada ojo sin que el sujeto lo advirtiera. Digamos que el ojo izquierdo ve un signo + y el derecho un 0. Normalmente, vemos el signo + y luego, de manera espontánea, vemos el 0, y así. La interrupción alternada queda fuera de nuestro control consciente. Logothetis alternó a tal velocidad los estímulos entre los ojos que los sujetos jamás supieron qué ojo veía qué. Cuando un sujeto veía un +, en realidad el estímulo era presentado la mitad del tiempo a un ojo y la otra mitad a otro. La sensación mental era que no se movía en absoluto y dominaba la rivalidad. Es decir que la rivalidad binocular no resulta de la supresión o alternancia de los canales monoculares de cada ojo: se debe a la alternancia de los estímulos.

Ahora ya estaba en condiciones de buscar en qué zona del cerebro ocurre este fenómeno. Lo halló en el canal ventral, sumergido en el lóbulo temporal, cuyas células se dedican sólo a la percepción. En resumen, en la zona del cerebro que procesa información de objetos existe una elevada correlación entre la actividad neuronal y qué estímulos son percibidos. El cerebro produce automáticamente las interrupciones que gobiernan la adaptabilidad del sistema nervioso. Cada ojo ve algo diferente.

• • •

De todo el cerebro automático, la parte que nos proporciona más trabajo hecho es el sistema emocional. Las emociones que sentimos acerca de las cosas nos aguijonean continuamente. Lo que vemos, hacemos y oímos refleja un condicionamiento sutil y continuo, ajeno a nuestra percepción consciente.

Antonio y Hanna Damasio, dos de las personas más ocurrentes en investigación cerebral, que siempre están ofreciendo nuevas formas de pensar los problemas difíciles, han trabajado intensamente para entender cómo las emociones influyen en el conocimiento. Postulan que elegimos estrategias cognitivas porque las vísceras indican al cerebro qué ideas debería utilizar en cada situación. Las decisiones cotidianas y puntuales no se toman a partir de una mera planificación intelectual: re-

quieren interacciones con nuestro pasado. Y nuestra historia personal posee un componente emocional, cincelado por el éxito o el fracaso en lo que hicimos o nos sucedió.

Se necesita un patrón de medida para aclarar un tema tan complejo. Los Damasio y sus colegas utilizan un simple juego de naipes para revelar cómo la emoción interactúa automáticamente con la cognición, por fuera de la conciencia.* A un jugador se le ofrecen cuatro mazos de cartas y un montón de dinero. La tarea es ganar tanto dinero como sea posible. Los jugadores vuelven las cartas de cada mazo. Las cartas de los mazos A y B otorgan de inmediato un premio de cien dólares: en los mazos C y D la ganancia inmediata es de cincuenta dólares. Es fácil pensar que con las cartas de los mazos A y B se gana más, pero las cartas están dispuestas de manera que ocurran pérdidas impredecibles, y con mayor frecuencia en los mazos A y B que en los C y D. Los jugadores no tienen cómo predecir una multa, ni pueden imaginar con precisión la ganancia o pérdida neta de cada mazo, como tampoco cuándo concluye el juego. Los sujetos normales piensan un poco y empiezan a elegir sólo de los mazos C y D.

Los Damasio descubrieron dos cosas importantes con este test. Conectaron electrodos a sujetos

* Ver Antonio Damasio, *El error de Descartes*, Editorial Andrés Bello, Santiago, 1996, 2ª ed., 1997.

normales para medir sus respuestas dermogalvánicas (GSR). Todos transpiramos un poco cuando nos involucramos emocionalmente en un suceso; el sudor cambia la conductividad de la piel, y ese cambio se graba en un dispositivo especial. Los Damasio descubrieron algo asombroso: antes de que los sujetos entendieran el juego y empezaran a concentrarse en sus respuestas a los mazos C y D, ¡la piel parecía conocer el truco! En otras palabras, la respuesta dermogalvánica ocurría ante los mazos A y B y después esta pista llevaba a los sujetos a evitarlos. Pero la reacción se producía antes de que los sujetos pudiesen explicar por qué elegían los mazos C y D.

El segundo descubrimiento fue que los sujetos que padecen daño en el lóbulo prefrontal respondían de manera muy diversa. Aquellos con lesiones prefrontales en el área ventromedial son incapaces de tomar decisiones correctas en la vida real. Pierden el empleo, caen en bancarrota y se divorcian. Al parecer, no pueden evaluar la diferencia entre gratificación y pérdida inmediatas o diferidas. Así, no sorprende que en esta prueba dichos pacientes nunca aprendan a elegir los mazos que producen ganancias en el largo plazo.

El cerebro automático recuerda las experiencias positivas y negativas y, cuando enfrentamos una nueva decisión, el cerebro emocional nos ayuda a elegir la estrategia cognitiva correcta, aunque durante un período asombrosamente largo no tengamos conciencia de que estamos hacien-

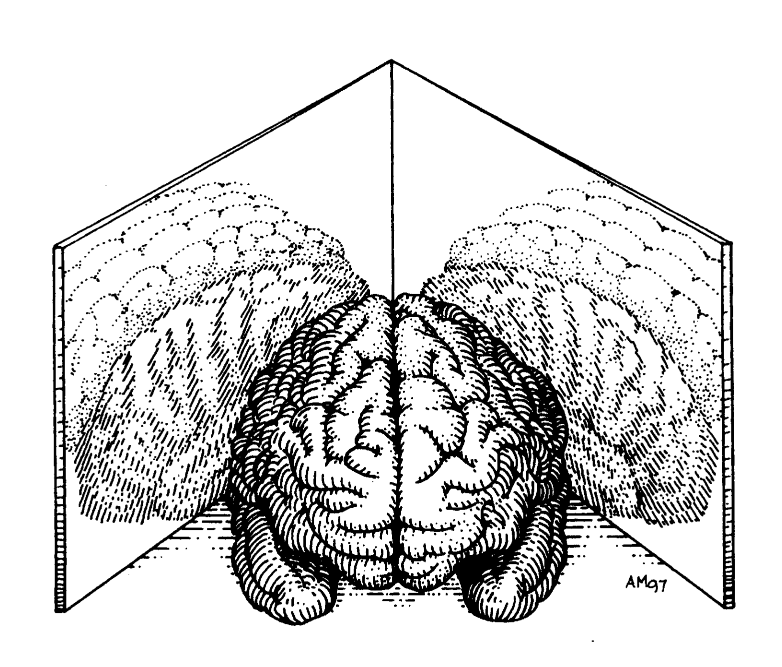
do una cosa y no otra. Los pacientes prefrontales no pueden aprovechar esta información inconsciente, porque, creen los Damasio, la lesión interrumpe las vías que comunican las vísceras con los procesos decisorios del cerebro. Ahora, abrocharse el cinturón:

Unos meses atrás, un joven médico francés, que acababa de finalizar su tesis y visitaba Yale, entró en mi oficina. Participaba en un seminario de biología y ética en Dartmouth y quería hablarme de la lesión cerebral de Emmanuel Kant. ¿La *qué*? El doctor Jean-Christophe Marchand había leído acerca de la vida e historia médica de Kant. Hasta los cuarenta y siete años, poco más o menos, los escritos del filósofo son sencillos y, créalo o no, claros. Después, Kant acometió sus grandes trabajos filosóficos, que destacan la idea de que existen estructuras cognitivas innatas, independientes de la emoción. Casi imposibles de leer, sus trabajos logran que los escritos de Jean Piaget parezcan trasparentes. Los argumentos de Marchand son muy atractivos. Kant empezó a quejarse de dolores de cabeza y otros malestares, y poco a poco comenzó a perder la visión del ojo izquierdo. Marchand dedujo que Kant tenía un tumor en el lóbulo prefrontal izquierdo, de crecimiento lento. El daño en esa zona afecta la habilidad discursiva y la de nuestro sistema emocional para adoptar buenas estrategias cognitivas. ¿Es posible que los innumerables kantianos hayan venerado a un hombre que escribía disparates, una filosofía

para quienes carecen de un sistema emocional y cognitivo normal?

. . .

Nuestra vida consciente depende de todo tipo de procesos automáticos que ocurren al interior de nuestro cerebro. Aunque no podemos influir voluntariamente en ellos, seguimos creyendo que controlamos nuestros actos. A medida que nos alejamos de los procesos perceptuales y nos sumergimos en temas más cognitivos como la memoria, hallamos una separación aun mayor entre el accionar del cerebro automático y la mente narrativa.


AM97

# 6. *Recuerdos reales, recuerdos falaces*

> El siguiente estadio es la memoria, que es como un gran campo o un palacio espacioso, una bodega para innumerables imágenes de todo tipo entregadas por los sentidos. Allí están almacenados todos los pensamientos con que aumentamos, disminuimos o modificamos la percepción que nos es otorgada por los sentidos, y también toda otra cosa que le haya sido encomendada para que la mantenga a buen recaudo, hasta el tiempo en que estas cosas hayan sido digeridas y perdidas en el olvido. Cuando apelo a mi memoria, le solicito producir aquello que deseo recordar.
>
> San Agustín, *Confesiones*, Libro X

¡Si sólo fuese verdad y nuestra memoria reflejara con precisión el pasado! La idea es seductora: conduce a pensar que la mente aprovecha una bodega ordenada, abarrotada de nítidos paquetes de recuerdos. Podemos evocar esos recuerdos, sean un número telefónico de la infancia o la imagen de nuestra madre. *Prima facie*, la memoria funciona notablemente bien. Y muchos neurocientistas anhelan que así sea. Lo mismo sucede con bastantes psicólogos clínicos y abogados que creen que los recuerdos son representaciones fieles del pasado.

Los recuerdos a veces se reprimen. La puerta de uno de los armarios de la bodega se cierra por un tiempo. Pero, cuando se abre, se toma al pie de la letra todo lo que de allí sale, como si fuese una

representación exacta de sucesos pasados. Y son multitud los que no quieren creer que los recuerdos evocados puedan ser falsos o confusos. Hasta científicos especialistas en el cerebro postulan que los recuerdos son procesos cerebrales ordenados, olvidando lo que hoy se sabe acerca de la memoria y cómo opera en el nivel psicológico. Quieren, a fin de cuentas, localizar, analizar, manipular, perturbar y mejorar el fenómeno, y hacen lo que hacen. Es más fácil entender una entidad estática y real que una borrosa y movediza.

Ahora bien, ni en el cerebro ni en la mente los recuerdos personales gozan de aquel estatus privilegiado. Lo descubrimos con el correr de los años. La molestia de olvidar nombres propios llega primero, anunciando que las cosas ya no son lo que eran. Otra intrusión en nuestra mente ordenada es recordar una anécdota y olvidar quién la contó. Se restringe el número de opciones al decidir qué hacer. Y nuestra memoria de sucesos es pésima, aunque seamos mejores para reconocer cosas. Recuerdo una vez que intenté invitar a Richard Dawkins a una reunión en Napa Valley. Lo adulé, lo soborné, ensayé todo. Cometí un solo error: encabecé la carta con un "Muy estimado doctor Hawkins". Qué le vamos a hacer...

Estas características de la memoria adulta son muy conocidas, aunque nadie quiera hablar de ello. Son reales y están allí. Pero quizás sorprenda saber que también se presentan en cerebros juveniles. Desde la infancia y hasta los cuarenta, el

cerebro cocina historias falaces acerca de nuestro pasado. No puede evitarlo. La causa está en el modo como nuestro cerebro está organizado para la memoria.

Poco sabemos acerca de la manera como los recuerdos se almacenan en el cerebro. El tema es tan atrayente que nuestro entusiasmo por saber más suele superar nuestra capacidad para reflexionar ponderadamente. En los años cincuenta, el distinguido neurocirujano Wilder Penfield[35] trabajó estimulando el lóbulo temporal de seres humanos. Operaba a pacientes epilépticos para extraerles el área enferma, y les estimulaba el cerebro mientras los mantenía con anestesia local. Como algunos vivieron súbitas remembranzas instantes después de ser estimulados, Penfield dedujo que los recuerdos se guardan en zonas altamente localizadas del cerebro. La idea cundió e incluso hoy sigue rondando, de una forma u otra. Pero en aquella época nadie comprobó la veracidad de esos recuerdos. Ahora sabemos que los detalles de esos episodios recordados carecían de base real. Investigaciones más recientes[36] sugieren que los electrodos activan algún tipo de recuerdo genérico del pasado, o incluso falacias totales. Esta noción contraría los supuestos del famoso psicólogo norteamericano Karl Lashley, que entrenó incansablemente a ratas para todo tipo de tareas. Y después les producía lesiones cerebrales, con la esperanza de hallar los engramas o recuerdos específicos asociados con algún truco aprendido. A pesar de su insistencia,

jamás encontró una zona cerebral que representara un recuerdo en particular. Concluyó que los recuerdos se esparcen de alguna manera por el cerebro.

El planteo actual, que un recuerdo refleja una constelación de funciones ensambladas, es un híbrido de las dos teorías anteriores. Es posible conjeturar que cierta zona del cerebro gobierne un determinado aspecto de la constelación. Así, hoy hablamos de especificidad reticular en vez de especificidad regional para describir la forma como el cerebro almacena los recuerdos.

Daniel Shachter, en Harvard, ha trabajado intensamente en los recuerdos falsos y articulado el tema de la especificidad reticular. Propone un modelo, el *Constructive Memory Framework* (Marco Mnémico Constructivo, MMC), una estructura que integra diversos procesos en el sistema de la memoria. Para producir una memoria exacta, el MMC debe resolver varios problemas, tanto al codificar como al evocar. Por ejemplo, es probable que tengamos recuerdos ilusorios porque no vinculamos adecuadamente los elementos separados de una experiencia en el momento de su codificación. Toda experiencia ocurre en el tiempo, en el espacio y en un determinado estado afectivo. Todo ello forma parte de la remembranza, y ésta resulta distorsionada si se evoca incorrectamente uno de sus elementos.

Una anécdota de mi familia ilustra el concepto de MMC. Soy bastante buen cocinero y con los años he perfeccionado mis espaguetis a la carbo-

nara. Marcela Hazan me enseñó la receta, pero más tarde la modifiqué siguiendo el consejo insuperable del *maître* del restaurante *Piccolo Mondo,* en el Upper East Side de Nueva York. Una noche, después de oírme detallar la receta, dijo que la suya era superior, pero que no figuraba en el menú. Con todo, aceptó preparar el plato y era divino. El truco es usar consomé en lugar de crema al cocinar la panceta.* El plato queda liviano y exquisito.

Cuando mi cuñada vino a vernos, enloqueció con la preparación. Nunca había probado algo semejante en Texas y estaba decidida a sumarla al repertorio familiar. Lo hizo, y estábamos ansiosos por probarla. Su creación era exquisita, pero no tenía relación alguna con la mía. Olvidó casi todos los elementos, excepto la panceta. Jura que las dos recetas son iguales, compara mentalmente la suya con la mía. Cosas así nos suceden a menudo, cuando combinamos algún elemento recordado con otro olvidado y llegamos a experiencias únicas.

Historias cotidianas como la anterior avalan la idea de una red que almacena información en el cerebro, hecho básico e instructivo en varios niveles. En primer lugar, muestra que en una única neurona jamás se representa un suceso aislado,

* La receta contempla huevo, panceta, ajo y pimienta, a veces crema. (N. del T.)

aunque neuronas individuales puedan alterar su patrón de descarga e influir en la red. Los científicos que hoy estudian estos temas han hecho aportes. Por ejemplo, utilizando técnicas de genética molecular, Susumu Tonegawa en el MIT y Eric Kandel en la Universidad de Columbia dañaron el sistema celular en una zona del cerebro cuya participación en la memoria es irrefutable: el hipocampo. La lesión tuvo un efecto marcado en la capacidad de memoria espacial del animal, pero ninguno en su habilidad para aprender otro tipo de tareas. El gran logro de estos científicos es haber podido "aturdir" transitoriamente ciertos genes que controlan el desarrollo de un organismo. En vez de bloquear del todo las acciones de los genes –técnica que puede ser demasiado perturbadora para el análisis de la función celular neuronal–, los biólogos moleculares ahora pueden dejar el gen temporalmente fuera de combate de una manera más selectiva, inhabilitándolo por breves lapsos durante su desarrollo.

Al transitar por la neurobiología de la memoria debo señalar una vez más la presencia del cerebro automático. Almacenamos información sin esfuerzo y explícitamente, como cuando aprendemos un nuevo idioma, o de manera implícita e incidental, como cuando practicamos tenis y vamos mejorando nuestro juego sin saber por qué. En ambas instancias el registro cerebral es automático y eficaz.

La diversión empieza cuando analizamos las maneras de *extraer* información del cerebro. Van

de lo genial a lo más pedestre y mundano. Conforme advertimos vínculo entre la memoria y otros procesos mentales, la percepción de la naturaleza intrincada y articulada de nuestra vida mental nos asombra cada vez más. Sirvan de ejemplo los trucos extraordinarios con que los magos nos engañan. Se valen de artimañas sencillas para distraer la atención y consiguen que objetos plenamente visibles, cuya transmisión al cerebro desde la retina es obvia, pasen inadvertidos.

Harry Blackstone Sr., mago genuino, era capaz de engañar incluso a sus colegas. En su programa proponía un truco llamado "Fuera de tu sombrero", y lo publicitaba en todos sus carteles. De pie al lado de un gran sombrero de copa, Blackstone lo alzaba y mostraba a la audiencia que nada había adentro. Lo dejaba en su lugar y concentraba su atención (y la de los espectadores) en la bellísima asistente, de pie a su derecha, a la que entregaba partes de una sábana sacadas de un cajón, una por una. Al cabo de aproximadamente un minuto, tomaba una sábana, con gesto histriónico, se volvía a la izquierda y la sacudía encima del sombrero, que había estado allí todo el tiempo. El público miraba, expectante. El ilusionista retiraba la sábana y el sombrero... y no aparecía un conejo o un pollo, sino un enorme burro. Increíble.

¿Cuál era el truco? Muy sencillo. Mientras concentraba la atención del público en la hermosa asistente y mantenía ocupados a todos con el

traspaso de sábanas, otro asistente ingresaba al escenario con el burro a rastras y lo instalaba cerca del prestidigitador. Cuando el segundo asistente abandonaba la escena, Blackstone, con la destreza y la rapidez de un gran torero, azotaba la copa del sombrero con la sábana. Ya todo estaba preparado para el truco. El burro y el segundo asistente ejecutaban su acto sin ocultarse, mientras los espectadores miraban atentamente al mago. El que el segundo asistente dejara al burro en el escenario con el sombrero puesto era trasmitido a cada cerebro, pero éstos no registraban la información. ¡Extraordinario! Y es probable que, la próxima vez que vaya a ver un espectáculo de magia, aun conociendo este secreto, no pueda descubrir la artimaña.

Es tal la importancia de la atención en la memoria que hay ejemplos grabados en vídeo de personas que, involucradas en alguna actividad, desatienden cambios evidentes de su entorno.[37] Uno de los más memorables graba a dos estudiantes (uno de los cuales es un palo blanco) conversando en un prado. Mientras hablan, pasa entre los dos un obrero cargando una enorme puerta. Por un instante, los alumnos no se ven y un segundo confabulado reemplaza al primero. Al concluir la conversación, se preguntó al estudiante inocente si había notado algo inusual. ¡No advirtió que el diálogo iniciado con una persona había continuado con otra! En este tipo de experimento, el cerebro automático opera ajeno a nuestro control.

Numerosos factores influyen en lo que llega a ser parte de nuestros recuerdos personales, o en lo que creemos que son nuestros recuerdos.

. . .

De todos los síndromes neurológicos y descubrimientos de la neurociencia, ninguno es más asombroso que la conducta de pacientes hemiseccionados. Me permito esta aseveración discutible porque estudio desde hace cuarenta años a esa clase de enfermos y su análisis revela verdades acerca de cómo el cerebro habilita la mente.

La epilepsia afecta de diversas maneras y por muchas razones. Suele originarse en el trauma del parto o por trastornos subsecuentes. Otras veces resulta del metabolismo o es el efecto secundario de un tumor. Sea como sea, es aterradora. Sólo imagine no saber en qué momento puede desvanecerse y caer al suelo presa de convulsiones. Piense en el costo psicológico y social para usted y los que le rodean. La epilepsia es una dolencia seria, y aquellos que se han dedicado a buscar remedio a esta enfermedad dostoievskiana han realizado una contribución eminente a la humanidad.

Habitualmente, la epilepsia se puede controlar con medicamentos que traspasan la barrera sangre-cerebro y, ajustando la química cerebral de la zona afectada, neutralizan el tejido que desencadena el ataque. Pero hay pacientes a quienes

no bastan los medicamentos y deben operarse. El neurocirujano dispone de dos métodos: eliminar el tejido enfermo o escindir el cerebro. Ambos son eficaces. Cuando un foco de tamaño conocido se localiza en un área que puede extraerse sin problemas, se procede a la ablación. Pero los focos múltiples tornan imposible la extracción y suministran razones para escindir el cerebro. La desconexión de los hemisferios aísla el área que desencadena los síncopes. Al producirse los ataques, la otra mitad controla el cuerpo: el paciente no se desvanece y conserva el control.

Joseph Bogen y Peter Vogel fueron los primeros que practicaron esta operación en los tiempos modernos.[38] A Roger Sperry y a mí nos correspondió la tarea de examinar las consecuencias de ese tipo de cirugía en la conducta y la cognición. Fue una experiencia emocionante.

Primero y principal: la operación da buenos resultados. El control de los ataques permite que los enfermos lleven una vida normal. Por otra parte, el aspecto médico del asunto es muy atractivo, pues se examina cada hemisferio en el laboratorio y se observan los impresionantes efectos de la escisión. Personalmente, me interesa inquirir lo que nos enseña acerca de nosotros mismos. Al cabo de los años se han efectuado cientos de experimentos, y sus resultados revelan que un hemisferio no tiene conciencia de los pensamientos y percepciones del otro. El hemisferio izquierdo está plagado de dispositivos que nos otorgan ven-

tajas en el reino animal; es el cerebro dedicado al pensamiento y la resolución de problemas. Mientras el hemisferio derecho realiza tareas como reconocer rostros, por ejemplo, el izquierdo resulta crucial para nuestro actuar inteligente. Los hemiseccionados parecen tener dos mentes. Lo que el hemisferio izquierdo aprende y piensa no lo sabe el derecho, y viceversa. Esta singular característica está en el meollo de la investigación cerebral.

Después de investigar durante más de quince años, aprendimos que es posible entrenar al hemisferio derecho para que realice ciertas tareas o reaccione a una emoción: responde a instrucciones específicas. Aunque el lado izquierdo es incapaz de decir qué instrucciones ha recibido el derecho, al parecer no lo perturba la obediencia de éste. Nunca se quejó por este extraño estado de cosas.

Durante un nevoso viaje a Nueva Inglaterra, a Joseph LeDoux y a mí se nos ocurrió preguntar a los pacientes (esto es, al hemisferio izquierdo, el que habla) qué sentían ante las ocasionales reacciones del lado derecho, sobre las cuales no tenían control. Basándonos en el enfoque experimental descrito en el capítulo I (cuando mostrábamos una pata de pollo al lado izquierdo y una nevada al derecho), descubrimos que el hemisferio izquierdo posee un mecanismo especial que interpreta las acciones y sensaciones generadas por sistemas dispersos en el cerebro.

Reingresa así el mencionado "intérprete", que permite analizar cosas como el cambio de sentimientos o el significado de una determinada conducta. Por ejemplo, si ordenas "levantarse y caminar" al silente lado derecho, el sujeto se pone de pie y se dirige a la puerta. Le preguntas por qué lo hace y te contesta que "necesita beber algo". En realidad, el hemisferio izquierdo ignora el motivo de esa marcha, pero cuando se lo preguntas inventa una razón.

Allí estaba. El cerebro izquierdo, que continuamente pregunta cómo A se relaciona con B y así resuelve problemas, se encarga de aportar una base narrativa a las cosas que hacemos y a cómo nos sentimos. Aunque un sistema cerebral que opera fuera del campo de conocimiento del hemisferio izquierdo precipita los sentimientos y las acciones, éste urde la hebra que vincula los sucesos. Dicho de otro modo, consigue que las acciones y estados de ánimo parezcan dirigidos, articulados e intencionales.

Una vez que comprendimos el poder y el papel central del intérprete, lo vimos actuar en todas partes. Por ejemplo, en los ataques de pánico. El pánico, sensación atroz, que genera una intensa ansiedad, invade de súbito y sin causa aparente a una persona normal. Hay medicación para esto; de hecho, es tan efectiva que muchos pacientes nunca vuelven a tener ataques. Pero los psiquiatras han observado que la pluralidad de fobias que esos pacientes exhiben no desaparece fácil-

mente. A lo largo de la enfermedad, los pacientes elaboran una teoría: estaban con tal persona, en una determinada cafetería o rodeados de gente. Interpretan estos datos y deciden no regresar al lugar o evitar a la persona: desarrollan fobias. Lo interesante: la cura de los ataques no suprime instantáneamente el recuerdo de esas explicaciones. Los psiquiatras han concluido que la psicoterapia tradicional puede revertir esas fobias e interpretaciones tempranas.

La neurología ofrece ejemplos aun más extraños acerca de la labor del intérprete, cuyo conocimiento ayuda a entender síndromes inusuales. Consideremos la condición conocida como *anosagnosia*, que consiste en que los pacientes niegan categóricamente que tengan un problema. A menudo, los lesionados en el lóbulo parietal derecho, hemipléjicos, ciegos del ojo izquierdo, no reconocen su enfermedad y aseguran que esa mitad de su cuerpo no es suya: pueden verse la mano izquierda, pero sostienen que no tiene relación alguna con ellos. ¿Qué sucede?

Veamos qué ocurre al lesionarse el tracto óptico. Si la lesión afecta a un nervio que transmite información a la corteza visual, las neuronas dañadas dejan de funcionar. En consecuencia, el paciente declara estar ciego en una parte de su campo visual. El anosagnótico padece una lesión en la corteza visual que crea un punto ciego de igual magnitud y en el mismo lugar, pero no se queja. Declara que todo está bien porque

su lesión cortical daña el área del cerebro que recibe las representaciones de esa parte específica del mundo visual, esto es, el área capaz de inquirir qué sucede a la izquierda del punto de fijación. En otras palabras, si el daño es en el nervio óptico, el cerebro protesta porque no recibe información. Si se daña la corteza en el mismo lugar, el cerebro ignora lo que sucede a la izquierda del punto de mira. No protesta porque no existe el sistema que genera la queja. En suma, así como el cerebro no protesta porque no podemos ver lo que sucede a nuestras espaldas (lamento decir que no existe zona cerebral para ello), el paciente con la lesión central no se queja porque la parte del cerebro capaz de protestar está dañada.

Algo análogo sucede cuando nos adentramos en los centros procesadores del cerebro. Lesiones que afectan los procesos mentales se entreveran con la función interpretativa. Por ejemplo: la representación del brazo se halla en la corteza parietal. Esta repasa sin cesar su existencia en el espacio tridimensional y vigila su posición y movimiento en relación con todo lo demás. Si una lesión afecta los nervios sensoriales del brazo (los que transmiten dónde está, qué ha aferrado, si una herida lo aqueja o si siente frío o calor), el cerebro siente la ausencia de *input* y se queja. Ahora bien, si la lesión ocurre en la corteza parietal, desaparece la función y con ella el reclamo por mal funcionamiento.

Un paciente con una lesión en la corteza parietal derecha es incapaz de percibir la mitad izquierda de su cuerpo, porque la zona del cerebro que la representa está dañada. No siente su mano izquierda. Cuando el neurólogo le toma la mano izquierda y se la muestra, el sujeto asegura que no es suya. ¿Qué sucede? La lesión perturbó el flujo informativo, y el intérprete, que está intacto y operativo, no recibe las noticias del lóbulo parietal. Así como ver a nuestras espaldas no es algo que deba preocupar al intérprete, para él la mano izquierda simplemente ya no existe. No puede ser suya.

Otro síndrome fascinante es la *paramnesia reduplicativa.* Examiné en cierta ocasión a una dama muy inteligente, afectada por este mal. Aunque la examinaba en mi consulta, en el Hospital de Nueva York, ella decía estar en su casa, en Freeport, Maine: la interpretación estándar del síndrome es que el paciente efectúa una copia de un lugar o persona y asegura que hay dos.

Comencé preguntándole dónde nos hallábamos. "Estoy en Freeport. Sé que no me creerá. El doctor Posner me dijo esta mañana, cuando vino a verme, que yo estaba en el Memorial Sloan Kettering Hospital. Está muy bien, pero ¡yo sé que estoy en mi casa en la calle Principal de Freeport, en Maine!" Le pedí que me explicara por qué había ascensores si estábamos en su casa. Me contestó calmadamente y con altanería que la instalación de ascensores había sido muy onerosa.

Esta paciente cuenta con un intérprete perfectamente sano que intenta otorgar significado a lo que ella siente o hace. A causa de la lesión, la zona del cerebro que representa lugares es hiperactiva y transmite un mensaje erróneo acerca de su localización. El intérprete no es mejor que la información que recibe, y en esta oportunidad está recibiendo noticias falsas. Con todo, debe cribar las preguntas y otorgar un sentido al resto de la información evidente. El resultado es que genera multitud de historias imaginarias.

Antes de desechar esta viñeta por demasiado extraña, pensemos en lo descabellada que puede ser una persona normal si tratar de vincular dos hechos que no calzan. Hace unos días probé un vehículo con tracción en las cuatro ruedas. Mis hijos, de doce y nueve años, estaban en el asiento trasero. Yo conducía y el vendedor iba a mi lado. De pronto pregunté si podía usar la doble tracción. "Por supuesto", dijo el vendedor, complaciente. Después de luchar con los cambios logré enganchar lo que parecía ser la doble tracción y la camioneta empezó a brincar y a rebotar por la ruta perfectamente seca y pavimentada, en un hermoso día de verano. Algo andaba mal, sin duda, pero, cuando inquirí la causa de este comportamiento, el vendedor no se inmutó. Explicó que la doble tracción sólo funciona bien cuando hace frío, en las rutas con hielo, que es cuando se la necesita, y ahora estábamos en verano. Hasta mis hijos se rieron.

Pero mi anécdota favorita, probablemente apócrifa, es aquella que relata Kenneth Jandell, experto en desentrañar falsificaciones históricas. Jandell describe las descabelladas justificaciones de las personas que insisten en la autenticidad de ciertos documentos. Alguien aseveraba poseer la calavera de Hitler, y se llamó a un experto para examinarla. Por cierto, no era la calavera de Hitler: pertenecía a un niño. Al confrontar al falsificador con su patraña, éste comentó: "Claro, es Hitler cuando niño".

El intérprete nos dice las mentiras que precisamos para creer que mantenemos el control. Aunque los ejemplos mencionados parecen excesivos, no lo son. En palabras del psicólogo social Eliot Aronson, todos estamos dispuestos a cambiar de creencias para aferrarnos a la idea de que tenemos el control y estamos bien. La noción brotó de los trabajos de León Festinger acerca de la *disonancia cognitiva.* Sin duda el descubrimiento del intérprete agrega ciencia al asunto, pero la percepción básica del dispositivo comienza con los experimentos de Festinger.

Todo empezó con una pequeña beca de la Fundación Ford. Festinger debía estudiar e integrar el trabajo sobre comunicaciones interpersonales y medios de comunicación de masas. Junto con sus colegas acometió el proyecto y, si hemos de creerle, la observación seminal surgió al analizar el informe de un terremoto acaecido en la India en 1934. Les extrañó que, después del

cataclismo, la gran mayoría de los rumores vaticinaba un nuevo movimiento sísmico de mayor intensidad. ¿Por qué, después de un acontecimiento tan horrendo, la gente quería provocar más ansiedad? Festinger y sus colegas concluyeron que se trataba de un mecanismo que desarrollaron los indios para lidiar con la ansiedad presente. En otras palabras, la población angustiada predecía una tragedia peor, frente a la cual el terremoto real no parecía tan terrible. Así nació la teoría de la disonancia cognitiva.

Festinger realizó uno de sus primeros experimentos junto con sus dos amigos cercanos,[39] en Lake City, Minnesota, donde un grupo de pobladores estaba convencido de la veracidad de las profecías de una tal Marian Keech. Meses antes del día crucial, la siguiente nota apareció en el *Lake City Herald*:

> *Profecía del Planeta Clarion a la ciudad: Huye de la inundación que sumergirá Lake City el 21 de diciembre, dice voz del espacio a su subordinada.*
>
> Dueña de casa profetiza que Lake City será destruida por una inundación del Gran Lago poco antes del alba del 21 de diciembre. La señora Marian Keech, domiciliada en 847 West School Street, afirma que el vaticinio surge de diversos mensajes anotados por ella mediante escritura automática [...] Asevera que los mensajes le son enviados por seres superiores que moran en un planeta denominado Clarion. Es-

> tos seres visitan la Tierra en platillos voladores, y detectaron ciertas fallas en la corteza terrestre que predicen un diluvio. Según la señora Keech, la inundación formará un brazo de mar desde el Círculo Artico hasta el Golfo de México. Simultáneamente –afirma–, un cataclismo sumergirá la costa oeste desde Seattle (Washington) hasta Chile, en Sudamérica.

Este material sensacionalista está en las antípodas de una carrera científica, y cualquier científico lo ignoraría. Con todo, Festinger fue a Lake City, donde la señora Keech recibió otra advertencia el 20 de diciembre. Un extraterrestre llegaría a su casa a medianoche para escoltarla, junto con sus seguidores, hasta un platillo volador que los llevaría fuera de la zona de catástrofe, supuestamente al espacio exterior.

Festinger predijo que si no se producía el cataclismo los seguidores intentarían amortiguar su propia condición disonante intentando convencer a otros. Su vaticinio no nos sorprende: hoy existe amplia información acerca de este tipo de conducta, pero en aquella época era nuevo. En la fecha señalada, el reloj de la casa de la señora Keech marcó la medianoche y no llegó ningún visitante a llevarse a un platillo volador a los creyentes reunidos en el salón. En medio de la consternación general, la señora Keech recibió, horas después, un nuevo mensaje:

> Porque en este día queda establecido que hay un solo Dios de la Tierra y está entre nosotros y

> por Su mano has escrito estas palabras. Y grande es la Palabra de Dios –y por Su Palabra fuiste salvada–, porque de las fauces de la muerte has sido liberada y en ningún momento hubo tal fuerza en la Tierra. Ni siquiera desde el comienzo del tiempo en esta Tierra hubo tanta energía de Bien y de Luz como la que en este momento ilumina esta habitación y se esparce por toda la Tierra. Así como Dios habló mediante los dos que están entre estas paredes, así manifestó la tarea que te incumbe en adelante.

De súbito todos se sintieron mejor y la señora Keech llamó a la prensa por teléfono. Jamás lo había hecho antes, pero ahora sentía la obligación de hablar y pronto todos los miembros del grupo llamaban a diversos medios. Esta clase de justificación se prolongó por varios días, ratificando el vaticinio de Festinger.

Son fabulaciones divertidas pero verdaderas. Las oímos cotidianamente cuando escuchamos a los niños, cuyo intérprete inventa descabelladas explicaciones acerca del universo, lo que es comprensible dado su limitado nivel de conocimientos. O mejor aún: ¡escuche las noticias y observe cómo los expertos interpretan las alzas y bajas de la bolsa! El intérprete jamás descansa. Siempre intenta otorgar un sentido a lo que sucede en torno. Además, reconstruye nuestro pasado.

. . .

Me gustan los recuerdos falsos. Es más, estoy seguro de que mis mejores recuerdos son falsos. Los espaguetis a la carbonara de mi cuñada se basan en un recuerdo falso. Todos los tenemos en abundancia y por eso es tan significativo el epígrafe de Bernard Malamud en el Capítulo I. Ultimamente el tópico ha alcanzado proporciones míticas desde que penalistas y psicólogos clínicos descubrieron que es una verdadera mina de oro para explicar por qué Juan o Luisa padecen tal o cual cosa. Piense en todos esos recuerdos reprimidos que alimentan el inconsciente y crean trastornos mentales. A medida que los analistas hurgan en esas evocaciones reprimidas, descubren sucesos espantosos acaecidos en la infancia. Es impresionante. De pronto una joven descubre que su padre era un canalla y abusaba de ella. A continuación prosigue su análisis a partir de un episodio traumático que se acepta tal cual, a pesar de lo que hoy sabemos acerca de la falacia de los recuerdos.

John Dean, el asesor legal de Richard Nixon en la Casa Blanca, tenía una memoria supuestamente fotográfica: relató al comité Watergate hasta el más mínimo detalle de sus conversaciones con Nixon en el Despacho Oval. Sin embargo, cuando las grabaciones de esos encuentros se hicieron públicas, se descubrió que si bien la idea general era correcta, la descripción de Dean estaba plagada de errores.

El cerebro está construido para recordar la esencia de las cosas, no los detalles. Todo sucede

como si la memoria pudiera llevarnos al escenario de antaño pero fuera incapaz de recordar con precisión sus elementos. Con todo, repetimos una y otra vez los pormenores, como si los recordáramos de verdad.

Owen Flanagan, talentoso filósofo de la Universidad Duke, cuenta que una vez espantó a sus padres confesándoles lo mucho que extrañaba a Harry, un amigo de la infancia. El tal Harry jamás había existido. Nació de la confusión de su memoria, y su recuerdo lo obsesionaba. Años después, confrontado con la ineludible verdad, Flanagan comentó que el hecho no cambiaba nada. A lo largo de los años había ganado en sabiduría y consuelo recordando a Harry, cuya amistad leal había aportado mucho a su desarrollo.

Todos tenemos Harrys, enteros o en parte. Son falsas evocaciones, inoculadas por el intérprete y el sistema de la memoria. A medida que desovillamos nuestra narración, apelando a magnos sucesos para definir el esquema de nuestros recuerdos, simplemente introducimos en el relato detalles que podrían haber sido parte de la experiencia. Estas falsificaciones no resisten una prueba, pero ocurren siempre.

Las distorsiones se hacen evidentes si presentamos a una persona imágenes de un suceso probable. Enseña a un grupo de gente normal cuarenta diapositivas donde alguien se levanta por la mañana, se viste, toma desayuno, lee el diario y sale a trabajar. Después, déjalos descansar un par

de horas y regrésalos al laboratorio. Mezcla las diapositivas originales con otras que habrían podido incluirse en la escena, y con otras sin relación alguna. Los sujetos deben elegir las que vieron la primera vez. Verás que cometen todo tipo de errores, pero errores específicos: juran reconocer las fotografías relacionadas con la escena y rechazan con bastante precisión las impropias. Recuerdan el meollo del asunto e introducen imágenes que se relacionan lógicamente con el esquema. La memoria falsa fabrica los inventos.

Por ejemplo, si pedimos a un sujeto que estudie fotografías de escenas típicas, estereotipadas, como una playa con mucha actividad, es probable que al rato recuerde haber visto una pelota donde no la había.[40] Además, si se pide al sujeto detallarla, entrega una descripción muy elaborada en que incluye magnitud, colores, franjas, etc.

Hay otros experimentos.[41] Si los sujetos oyen una secuencia de palabras, por ejemplo "cama", "descanso", "despertar", "almohada" y así, suelen decir que recuerdan haber oído la palabra "dormir". Ahora bien, si presentas a sujetos anglófonos una secuencia de palabras en turco, se desempeñan con precisión. A falta de un esquema en turco, el intérprete no puede entrometerse.

Una vez que un fenómeno como éste ha sido revelado y medido con certeza, se vuelve una buena herramienta para estudiar la actividad de la mente. La primera interrogante es en qué etapa del proceso nacen los recuerdos falsos. ¿Se

produce el error al codificar la información inicial o al evocarla? ¿El almacenamiento de memorias reales apela a los mismos mecanismos que acumulan recuerdos falsos?

Miller y yo indagamos no hace mucho en qué etapa del procesamiento mnémico surgen los recuerdos inventados. Para ello utilizamos el paradigma esquemático de las imágenes y el paradigma asociativo de la lista de palabras que acabo de describir. Postulamos una diferencia fundamental entre los recuerdos falsos de ambos paradigmas. ¿Tal vez las falsificaciones ocurren en períodos distintos? Por ejemplo, las falsas remembranzas creadas por la lista de palabras pueden surgir durante la codificación, pues las personas a menudo estarán pensando en la palabra "dormir" al estudiar palabras como "cama", "descanso" y "almohada". Así, el que los sujetos realmente oigan la palabra durante la sesión o piensen en ella cuando tratan de memorizar todas se resuelve para ellos en una simple confusión. En cambio, en el paradigma esquemático es improbable que los sujetos piensen en un objeto inexistente cuando contemplan una escena tan compleja como una playa. Sólo cuando se les pregunta si recuerdan una pelota recurren a sus esquemas preexistentes e introducen en la escena la imagen de un balón. En este caso la memoria falsa surgiría durante la evocación.

Para verificar esta idea recurrimos a diversas artimañas experimentales destinadas a potenciar el desempeño de la memoria durante la codifica-

ción. Un recuerdo falso generado en esta etapa incorporaría estos trucos. Por cierto, las pruebas confirmaron nuestros supuestos: las artimañas crearon más falsificaciones en la lista de palabras, pero no tuvieron efecto en los recuerdos falsos resultantes del paradigma esquemático.

Elizabeth Phelps, de Yale, investigó a pacientes hemiseccionados para determinar qué mecanismos cerebrales de cada hemisferio generan los recuerdos falsos. Recurrió a la secuencia de imágenes que describen una historia y averiguó que sólo el lado izquierdo reconoce escenas que no se le han mostrado. Gracias al intérprete, recuerda la esencia de la historia y aporta variados pormenores apelando a la lógica, no a la memoria real. El hemisferio derecho, carente de intérprete, regurgita la historia literal, sin ornamentos.

Aparentemente, el intérprete fabrica los recuerdos inventados. En efecto, Miller y yo tomamos imágenes del cerebro que muestran la actividad del hemisferio izquierdo en los experimentos en que el sujeto revela ese tipo de recuerdos. A partir de la lista de palabras, Miller observó que ambos hemisferios se activan durante la evocación de objetos reales. Pero el izquierdo desarrolla más actividad cuando entrega informes falsos.

Daniel Schachter investigó recientemente la relación entre recuerdos falsos y lesiones en áreas específicas del cerebro. Estudió a pacientes con problemas de memoria por daño en lóbulos temporales mediales y descubrió que

fabricaban menos ficciones que individuos normales. Por supuesto, también producían menos recuerdos reales. Schachter concluyó que no sólo padecían un déficit evocativo para los pormenores, sino que recordaban con dificultad el meollo de los sucesos. Más fascinante es el caso de un paciente con daño en el lóbulo frontal derecho: su hemisferio izquierdo, incólume, fabricaba más recuerdos falsos que un individuo normal. Dependía en exceso de las características generales de un suceso y era esclavo de su intérprete.

Aun conociendo el papel crucial del intérprete, sorprenden las investigaciones pioneras de Steve Ceci en la Universidad de Cornell. En busca de la verdad acerca de los recuerdos reprimidos de la infancia, Ceci quería saber cómo reaccionan los niños normales a sugerencias ajenas. Temía que los psicoterapeutas implantaran involuntariamente en la mente de niños con problemas la idea de algún acontecimiento vejatorio que les habría ocurrido de pequeños. ¿Puede el niño llegar a creer en lo sugerido, aunque nunca haya ocurrido?

Ceci descubrió cosas sorprendentes. En un experimento, un niño en edad preescolar debe mirar una serie de tarjetas, cada una de las cuales describe una experiencia real o ficticia de su pasado. Se le pide que elija una y el examinador la lee. Un ejemplo de suceso falso sería: “Metí el dedo en una trampa para ratas y tuve que ir al hospital”. A lo largo de diez semanas y en diversas

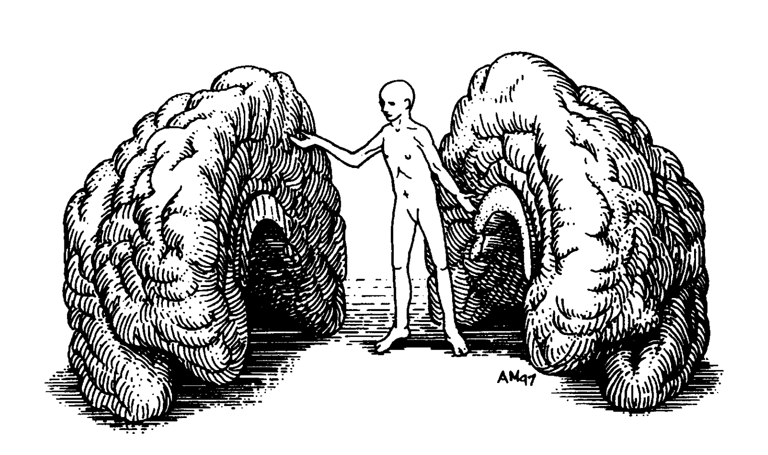
oportunidades, el examinador pide al niño que piense atentamente y confirme la veracidad del hecho. ¿Recuerda haber ido al hospital para que le sacaran el dedo de la trampa? Si la respuesta es afirmativa, el examinador prosigue con preguntas relativas al ingreso al hospital, etc.

Aunque Ceci estaba dispuesto a creer en la repercusión de las fábulas, no estaba preparado para lo que descubrió: el 58% de los niños examinados afirmó que por lo menos uno de los sucesos falsos había ocurrido, y el 25% generó narrativas falsas acerca de la mayoría de los sucesos. Además, los inventos se complicaban con el tiempo. Si en la primera y segunda semana el niño sólo relataba el suceso, al cabo de diez semanas la narración incorporaba profusión de detalles. Un ejemplo: "Mi hermano Colin intentaba quitarme a Linterna Verde (un personaje de historieta) y me empujó a la leñera, donde estaba la trampa para ratas. Allí metí el dedo. Luego fuimos al hospital donde me llevaron mamá, papá y Colin en la camioneta, porque estaba muy lejos. El doctor me vendó este dedo (indicaba uno)". Nada había sucedido en realidad, pero el niño lo relataba con absoluta convicción. Gesticulaba, era enfático y creíble. Estaba listo para ir a tribunales.

. . .

El mayor problema del cerebro automático consiste en recordar el pasado. El intérprete, a partir

de datos embrollados, arregla la situación adornando el recuerdo. La historia recordada un día se convierte en parte de la memoria para la próxima vez. Pronto empieza una narrativa pormenorizada del pasado, que se torna cada vez menos ajustada a la realidad y de detalles más elaborados. El viejo adagio de que se ve la paja en el ojo ajeno y no la viga en el propio tiene fundamento. Urdimos cuentos acerca de nosotros mismos. Apuesto a que funciona hasta en las condiciones más horrendas. Apuesto a que O. J. Simpson cree ser una buena persona.


AM97

# 7. *La ventaja de interpretar el pasado*

Hay algo que no ama a una pared.
ROBERT FROST, *Mending Wall*

John Updike dice que una hebra "recorre todas las cosas". También la omnipresencia del intérprete en nuestra vida es irrefutable. Anhela entender el mundo, maneja la percepción, la memoria y crea la ilusión de que controlamos nuestros actos y razonamientos. Nos convertimos en el centro de una esfera de acción tan vasta que ignora sus paredes.

La presencia manifiesta del intérprete, alzando su magnífica testuz por encima del piélago de especies que nos rodea, plantea una interrogante: ¿por qué nosotros? ¿Es realmente un dispositivo especial, o sólo la consecuencia de un cerebro más voluminoso, cargado de neuronas? ¿Es en verdad un instinto humano, una adaptación que nos otorga una ventaja destinada a potenciar el éxito reproductivo? Así lo creo, y postulo que este dispositivo que emergió para ayudarnos a lidiar con las vicisitudes del entorno nos permite ser psicológicamente interesantes como especie, hasta para nosotros mismos.

Todo empezó hace mucho. En algún momento de aquel enigmático período de organización

neural, un ancestro percibió que su cerebro podía elaborar razonamientos sencillos. Es posible conjeturar que el nuevo dispositivo habilitara al cerebro para hacer una pregunta. Quizá el cerebro experimentó náusea y nuestro antepasado pudo preguntar: "¿cuál es la causa de mi malestar? ¿Ese cavernario que devoramos anoche, esa extraña planta verde... la carne putrefacta?"

Muchísimos animales infieren aquello que los enferma. Las ratas recuerdan lo que comieron horas antes y rápidamente aprenden a evitar alimentos perniciosos. Aunque esta suerte de aprendizaje asociativo simple abunda en el reino animal, escasea la capacidad de plantear las preguntas siguientes: ¿por qué la planta me enfermó? ¿Cómo puedo evitar que esto se repita? El raciocinio silogístico sostenido –la capacidad de plantear una primera premisa y luego una segunda premisa para desembocar en una conclusión deductiva– es un rasgo exclusivo de nuestra especie.

No existe un ser humano normal incapaz de elaborar un pensamiento racional sostenido. Para desentrañar la causa de esta inteligencia superior es vano preguntar por qué Juan es físico y Diego portero. Esas son pequeñas diferencias que resultan de una pluralidad de factores. La interrogante básica es por qué Juan y Diego son capaces de plantear preguntas de segunda generación: "X se relaciona con Y. ¿Por qué?" Tal vez Juan logrará algo más que Diego y calará más hondo en el

asunto. Pero todos podemos hacerlo, y lo hacemos de manera reflexiva.

Junto con Charlotte Smylie, mi esposa y confidente, preguntamos al hemisferio dotado de un intérprete cómo resolvía un problema simple. Queríamos saber qué le permite hacer lo que hace. Planteamos la misma pregunta al hemisferio derecho. Intentábamos averiguar si uno posee algún componente cognitivo ausente en el otro. Sabíamos que cada mitad de cerebro de un hemiseccionado contiene el mismo número, esencialmente, de neuronas, una misma estructura cerebral en el nivel de la anatomía gruesa. No parece existir una razón *a priori* para que una estructura pueda realizar ciertas tareas y no la otra.

Descubrimos que sólo el cerebro izquierdo trasciende la información sencilla de un test. Por ejemplo, ante dos fotografías, la primera de un cazo y la segunda de un volumen de agua, el hemisferio izquierdo imagina sin dificultad el cazo lleno de agua hirviendo. Pero el cerebro derecho es incapaz de asociar las dos imágenes.

Los exámenes PET en sujetos normales también confirman la participación del hemisferio izquierdo en los razonamientos simples. Prueba visual de ello surge de la observación del cerebro en acción durante una tarea cuyo objetivo es generar silogismos: el hemisferio izquierdo muestra más actividad que el derecho. Por ejemplo, cuando el sujeto debe evaluar la validez del siguiente silogismo deductivo:

Algunos oficiales son generales.

Ningún soldado es general.

Algunos oficiales no son soldados,

la reflexión concomitante activa el hemisferio izquierdo. Lo mismo sucede cuando el problema incluye relaciones espaciales; es decir, incluso cuando el problema apela a la singular capacidad espacial del hemisferio derecho, el izquierdo es el dominante en el momento de razonarla.[42]

Vinod Goel nos recuerda la ubicuidad del razonamiento silogístico, esto es, la capacidad de extraer conclusiones a partir de una información limitada. Cita a Sherlock Holmes, el razonador más famoso del mundo occidental, cuando muestra la capacidad de su hemisferio izquierdo al doctor Watson en *Un escándalo en Bohemia,* de sir Arthur Conan Doyle:

> Entonces se puso de pie frente a la chimenea y me observó con su característica mirada introspectiva.
>
> –El matrimonio le va bien. Además, es excelente para su práctica médica. Pero no me dijo usted que iba a sentar cabeza –subrayó.
>
> –Entonces, ¿cómo lo sabe?
>
> –Lo veo, lo deduzco. ¿Cómo sé que últimamente atravesó calles fangosas y que su sirvienta es torpe y descuidada? [...] Muy simple. Los ojos me dicen que en la parte interior de su

> zapato, allí donde se refleja la luz del hogar, el cuero muestra seis cortes paralelos. Es evidente que los ocasionó alguien que raspó muy descuidadamente los bordes de la suela para remover el barro pegado. Así, como usted ve, deduzco que salió en clima tormentoso y que cuenta con un pésimo ejemplar de la servidumbre londinense. En cuanto a su práctica, si un caballero entra a mi cuarto oliendo a yodoformo, con una marca negra de nitrato de plata en el índice derecho y una hinchazón en el lado derecho de su sombrero de copa, donde esconde el estetoscopio, tendría que ser ciego para no ver de inmediato que es un miembro activo de la profesión médica.

Los meros mortales utilizan ejemplos más sencillos a toda hora. Investigar requiere de una beca. No recibí la beca. Por ende no puedo investigar. O la variante judía: "Isaac, levántate y cierra la ventana. Hace frío afuera". Isaac se levanta y cierra la ventana, mira a su esposa y le pregunta: "¿Ahora hace calor afuera?"

Hace mucho que sabemos que las lesiones en el hemisferio izquierdo perjudican el lenguaje y el pensamiento y que los daños en el derecho afectan las tareas espaciales. En efecto, los que han sufrido lesiones en el lóbulo parietal-temporal tienen grandes dificultades en el ámbito del lenguaje, sobre todo para la comprensión de las palabras; los daños en zonas

más anteriores perjudican la producción del lenguaje. Hoy, una vasta sección de la neurosicología intenta captar en detalle el impacto de las lesiones del hemisferio izquierdo en las numerosas sutilezas del lenguaje. La tarea es ardua porque los daños jamás son iguales, la organización local del cerebro varía de de una persona a otra, y los lingüistas no siempre concuerdan en el significado de un test determinado. Aun así, todos coinciden en que el hemisferio izquierdo es el lugar del lenguaje y el pensamiento.

Las lesiones en el hemisferio izquierdo son erráticas y capaces de producir notables variaciones de capacidad mental. Suelen resultar de la intervención de la madre naturaleza en forma de derrames cerebrales, cuya irregularidad es manifiesta. Por ejemplo, un infarto en una arteria específica puede percutir una zona de la corteza y absolver otra. También puede darse el caso contrario. El efecto neto puede traducirse en una increíble disociación de funciones en el hemisferio izquierdo. Las diferentes lesiones en esta zona clave de la función mental pueden producir un paciente devastado en sus funciones lingüísticas pero con su capacidad para pensar y resolver problemas relativamente a salvo. También puede darse el caso opuesto; suele suceder que los enfermos de Alzheimer hablen con facilidad, pero su cognición es nula.

Así pues, el cerebro izquierdo es muy especial. Genera reflexivamente una idea acerca del fun-

cionamiento de las cosas, incluso cuando no existe un acontecimiento real. No hay manera de detener su función. Si quieres verlo en acción, intenta este antiguo e insólito juego de salón en tu próxima fiesta: escribe una lista de unos treinta "sí" y "no", al azar, pero termina con cuatro "sí" seguidos. A continuación di a cualquier incauto: "Dime qué norma gobierna una secuencia de números entre uno y cien en la que estoy pensando. Cuando aciertes diré "sí", y cuando te equivoques diré "no". El juego es más divertido si un sabelotodo recoge el desafío. Puede decir "veintiséis" y tú, mirando la desordenada lista, contestas "no". Luego dice "treinta y dos", y contestas "sí". Esto se prolonga un rato y te limitas a contestar al azar "sí" o "no". Para terminar, lanzas unos tres o cuatro "sí" seguidos. Dices a tu interlocutor que lo está haciendo muy bien y le preguntas cuál es su teoría.

Por increíble que parezca, todos elaboran una teoría. El adivinador suele jactarse de su éxito hasta que le preguntan cuál es su teoría. En ese momento espeta una serie de vacilantes disparates. El hemisferio izquierdo insiste en generar una hipótesis, aunque no haya nada que generar. Es probable que tu mortificado interlocutor no te hable en un mes.

Pero no sorprende que intente elaborar una teoría. Después de todo, cree que se lo está sometiendo a un test de coeficiente intelectual y no tiene por qué pensar que sólo te estás burlando.

No, lo curioso es que intenta discernir un orden donde no hay ninguno, y, sobre todo, que después de proponer una teoría se la cree. Permanentemente estamos fabricando teorías para explicar las cosas. En general, cuando la información es sencilla, tenemos razón y nos sentimos mejor.

La incesante capacidad interpretativa del hemisferio izquierdo busca siempre orden y razón, incluso cuando no los hay. No hay nadie que lo haya demostrado de modo más fehaciente que George Wolford, del Dartmouth College. En un experimento que pide apostar si aparecerá un destello en el área inferior o superior de la pantalla de un computador, los humanos se comportan muy inventivamente. El experimentador manipula las cosas para que el destello aparezca en la parte superior un 80% de las veces, pero al azar. Aunque pronto se torna obvio que el botón superior se ilumina más a menudo, los sujetos insisten en calcular una secuencia completa y en lo más hondo de sí mismos creen lograrlo. Pero, al adoptar esta estrategia, sólo son gratificados un 68% de las veces. Si presionan siempre el botón superior, la frecuencia de gratificación aumenta a 80%. Las ratas y otros animales aprenden más rápido a apretar el botón superior. El comportamiento de nuestro hemisferio derecho se asemeja al de las ratas. No intenta interpretar la experiencia ni hallar significados ocultos. Permanece en el presente. Pero, cuando se pregunta

al hemisferio izquierdo por qué intenta explicar la secuencia completa, siempre elabora una teoría, no importa cuán espuria pueda ser.

En la mayoría de los casos parece perfectamente racional que el cerebro izquierdo anhele el orden. Si existiera un orden y no lo percibiera, perdería la facultad de predecir los acontecimientos. Así, su búsqueda de orden conlleva un gran beneficio y no podemos culpar al hemisferio izquierdo por perseguirlo, incluso cuando no existe. No sabe que no existe. En estas pruebas sólo el experimentador lo sabe.

Como seres humanos, hemos llegado a nuestro límite. Nuestro intérprete cumple a cabalidad su trabajo y nos ayuda a entender el mundo. Fracasa al interpretar enormes o insensatas secuencias de datos. A pesar del desacierto, nos sentimos bien porque suponemos saber, aunque no sepamos. Vemos vínculos inexistentes. Quizás eso explique por qué la esperanza nunca muere.

. . .

Este primer peldaño por sobre la cognición animal, la capacidad de trascender la información recibida, nos ha servido durante cientos de miles de años. Es probable que la maquinaria inserta en nuestro cerebro izquierdo haya despertado la curiosidad primigenia respecto de cotos de caza, vecinos y condiciones climáticas. Es indudable que en un mundo sencillo aportó grandes ventajas.

Pero el pensamiento racional sostenido es harina de otro costal, y el pensamiento matemático es aún menos omnipresente.

León Festinger, el personaje más racional que he conocido, se asombra ante la capacidad inventiva del ser humano, pero de inmediato destaca cuan fácil es ser inventivo y cuan difícil mantener un pensamiento racional o matemático.[43] Basta preguntar cuántos recuerdan qué es un logaritmo o pedir que se convierta una base siete en una base tres. Es más, pregunta qué significa todo esto.

El pensamiento matemático y el raciocinio estadístico han sido objeto de una acuciosa investigación durante los últimos treinta años. Herbert Simon, laureado con el premio Nobel, acuñó el término *bounded rationality* (racionalidad circunscrita) para describir el momento en que las habilidades racionales fracasan y empiezan a obstaculizar el modo como los seres humanos piensan los problemas. Ejemplos de la rapidez y frecuencia con que fallamos son muy fáciles de encontrar. Las estadísticas intuitivas son escasas en nuestra especie.

Incontables experimentos demuestran que el quiebre del razonamiento intuitivo produce conclusiones erradas. Por ejemplo, ¿qué facultades racionales aplicamos a un problema de razonamiento inductivo? Una prueba[44] es inquirir si los días en que nace más de un 60% de varones son más comunes en un hospital con cuarenta y cinco nacimientos diarios que en uno con sólo quince.

¿O son similares los porcentajes de nacimientos de varones? ¿Qué cree usted?

Si es igual que yo, dirá que no importa... y se equivocará. Al emitir un juicio racional apresurado, confundimos una heurística con una ley: la *heurística representacional* y la ley de los números pequeños. Con la prisa, no recordamos que la ley de los números pequeños sostiene que, para una variable aleatoria, como el sexo de los recién nacidos, mientras mayor es la muestra menor es la posibilidad de desviación del 50%. Es más probable que obtengamos un 60% en una muestra más reducida. La estadística en este caso es secundaria ante la heurística pues ambas muestras, cuarenta y cinco y quince, parecen tener la magnitud adecuada para asegurar un índice de 50%.

Kahneman y Tversky investigan como opera la mente al tomar una decisión. Aunque algunos los acusan de argüir que, en el fondo, los humanos son irracionales, en realidad dicen algo muy diferente: en el ejemplo citado las personas razonan a partir de un supuesto falso, pero aun así piensan racionalmente.

Nada hay más divertido que asistir a una reunión de psicólogos universitarios, gente entrenada en estadística, y escucharlos debatir acerca de la escasez de postulantes a sus cátedras. Lo normal es que todos los años ingresen dos o tres, pero este año nadie aceptó la oferta. ¿Significa esto que está menguando la reputación del departamento? Después de muchos gruñidos y

manos levantadas, alguien menciona la ley de los números pequeños. Todos hacen una breve pausa, pero rápidamente retornan a la discusión.

La incapacidad de apreciar estadísticas básicas es flagrante. Por ejemplo, en el área de los exámenes sobre consumo de drogas. Wolford analizó este tema. Muchas escuelas efectúan el test de drogas, pero no piensan el asunto con claridad. El test existe porque el hombre común tiene dificultades para manejar los índices básicos de lo que sucede. El concepto de índices básicos, o *estadísticas bayésicas,* es transparente. Supongamos que, de cada mil hombres, doscientos son operarios y uno es profesor. Te describen una persona que posee las características de un maestro, y te preguntan qué crees que es. Incluso si recuerdas los índices básicos, acaso digas que es operario, porque es más probable. Así opera el concepto de índices básicos en los tests de drogas.

A pesar de todo lo que se ha dicho, el consumo de drogas ilegales en la escuela secundaria estadounidense es bajo, abarca entre el 1 y el 2% del alumnado. Ahora bien, aparece un test que dice que detecta consumo de drogas el 98% de las veces. Sólo un 2% son falsos positivos, esto es, el test muestra que un dos por ciento de los examinados usó drogas cuando no es así. Olvidando por un momento la propensión de los políticos a dramatizar la psicodinámica de un dos por ciento de familias inocentes, veamos cómo funciona esto. Dice Wolford:

La proporción de resultados positivos que en realidad son falsos se ajusta a una ley bayésica y depende de tres factores: a) la posibilidad de detectar correctamente el uso ilegal de drogas (precisión), b) la probabilidad de clasificar a un inocente como adicto (falta de especificidad o índice falso positivo) y c) la frecuencia o índice básico de actividad. Pocos tests son perfectos y suelen fallar, no detectando a algunos adictos y clasificando erróneamente como usuarios a sujetos inocentes. Un test estándar para detectar el consumo de cocaína tiene una precisión publicada del .98 y un índice falso positivo de .02. Parece bueno, pero piense en ello un minuto. Si el 1% de los estudiantes en una escuela secundaria consumiera cocaína, y todos los alumnos fueran sometidos a la prueba, el 67% de los resultados positivos sería falso positivo. El verdadero usuario y los tres falsos positivos rinden cuatro resultados positivos en una muestra de cien. Aunque el 5% de los alumnos consumiera cocaína, un 28% de los resultados positivos sería falso.

Por lo tanto, hay que pensar un poco. En el primer escenario, las probabilidades de que un supuesto positivo no consuma drogas son dos a uno. Es exactamente lo contrario de lo que la gente cree. En el segundo escenario, la posibilidad sería casi de uno en tres. En la práctica, los tests aplicados son menos precisos todavía, y por

lo tanto sus predicciones son peores. Piense cuántas familias pueden destrozarse si se les dice que su nene es un adicto cuando en realidad no lo es. Es una pésima política pública, basada en una percepción errónea del significado de un test.

Consideremos el famoso problema de Linda, acertijo creado y adaptado a partir de las indagaciones de Kahneman y Tversky. Linda, de treinta y un años, es soltera, asertiva e inteligente. Estudió filosofía, y siendo estudiante se ocupó de temas como la discriminación racial y la justicia social, además de participar en protestas antinucleares. Ahora, elija entre las siguientes posibilidades: a) Linda trabaja en un banco, b) Linda trabaja en un banco y forma parte del movimiento feminista. Aunque no lo crea, la mayoría de la gente piensa que la segunda opción es más probable, aun cuando es imposible, pues en un resultado la presencia de dos condiciones versus una vuelve improbable que Linda sea una empleada de banco feminista.

Hay cientos de ejemplos como éste, que conducen a creer que los seres humanos son "ciegos a la probabilidad", como propone el científico italiano Masimo Piatelli-Palmarini. Después de oír la conferencia de Steve Pinker acerca del tema, un impulsivo estudiante se declaró "avergonzado de pertenecer a la especie humana". ¿Cómo podemos ser tan malos? Tras esto late una historia y una moraleja: si encontráramos un deporte en que Michael Jordan fuera torpe, ¿significaría ello

que no es un gran atleta? Los críticos se quejan de que las pruebas de los psicólogos crean la impresión falsa de que nuestra capacidad para razonar es escasa. No es así; estos juegos de laboratorio sólo delatan desaciertos racionales en determinadas circunstancias, tal como sucede con las ilusiones que engañan al sistema visual. La áspera discusión en torno al tema es explicable: desde la óptica evolucionista, la superioridad humana reside en su capacidad de razonamiento sensato, resorte básico para potenciar el éxito reproductivo.

Durante la década de 1940, los matemáticos John von Neuman y Oskar Morgestern publicaron un trabajo que hoy es un clásico: *Teoría de los juegos y comportamiento económico.* La teoría de los juegos describe el mecanismo de toma de decisiones sobre la base del concepto de "utilidad esperada" de cada decisión. De inmediato los psicólogos propensos a las matemáticas concibieron la idea de que las decisiones humanas podían entenderse por medio de modelos normativos. "Normativo" indica que los individuos pueden y deben pensar de modo absolutamente racional al evaluar una probabilidad. La idea es que los humanos no sólo responden adecuadamente, sino que se les puede enseñar a decidir: bastaría conque elaboraran los factores involucrados en una decisión. El psicólogo Leonard James Savage amplió la idea de la utilidad esperada, postulando la noción de probabilidades "subjetivas" o "personales", y llamó la atención de los psicólogos experimentales.

Savage afirma que un sólido razonamiento matemático subyace en la capacidad de predecir la ocurrencia de un hecho. Hoy nadie lo cree así, pero sus ideas tuvieron mucho impacto en la década de los cincuenta. Fue un tema muy debatido, y Lola Lopes[45] nos relata esas polémicas con brillantez y energía. Aunque algunos estudios apoyaron la existencia de un sentido común infalible en los seres humanos, otros mostraron sus falencias. En todo caso, los estudios, muy cuantitativos, jamás fueron acogidos por el grueso de los psicólogos hasta que Tversky y Kahneman presentaron sus viñetas.

En retrospectiva, los problemas quizás se confabularan contra los sujetos. Aunque podían resolver cada uno a partir de la ley de probabilidades, los problemas estaban tan íntimamente ligados con las intuiciones cotidianas que estas últimas tendían a dominar. Es como si alguien armara un hato de problemas y lo arrojara a una multitud. Rápidamente, ésta resolverá la mayoría, pero los pocos insolubles alimentarán el debate. El intríngulis es semejante a mis ejemplos de ilusión perceptual. Nuestros perceptos rebotan de un lado para otro porque los datos son inestables; también lo son nuestras decisiones.

Lopes relata un ejemplo famoso, presentado por Kahneman y Tversky en 1972. En una ciudad se estudió a todas las familias con seis hijos. En setenta y dos familias, el orden del nacimiento de niños y niñas era fmfmmf. ¿En cuántas

familias del estudio cree usted que el orden era mfmmmm?

La primera dificultad que Lopes y otros vieron en este test es que está diseñado de un modo que favorece una fuerte inferencia del resultado. Si usted dice setenta y dos (es la respuesta correcta), posee un agudo sentido de las probabilidades. Después de todo, sabemos que las posibilidades de tener una niña o un varón son cincuenta/cincuenta, es decir que todas las secuencias tienen la misma probabilidad. Si setenta y dos familias muestran una secuencia determinada de seis nacimientos, otras setenta y dos podrían exhibir otra secuencia igualmente probable.

Pero el problema parece inquirir la *secuencia* de nacimientos, y eso activa una de nuestras representaciones, es decir, entra a jugar una regla empírica. La norma 50/50 nos hace pensar que la secuencia fmfmmf es más representativa. Y, por cierto, generalmente se piensa eso. La inferencia es que somos pésimos para las estadísticas intuitivas y el razonamiento.

Después de una vida entre académicos, observo en su visión del mundo un curioso rasgo. A pesar de los años de educación, de abstrusas reseñas relativas a la inteligencia humana y diversas jerigonzas para describir lo diverso y lo común, lo primero que sale de sus labios al evaluar al prójimo es que es hábil o idiota. Cuando un par de científicos habilidosos como Kahneman y Tversky sugiere que nuestro pensamiento está lleno de

agujeros, todos lo aceptan como prueba de que nuestra especie es estúpida. (!)

Por lo demás, basta revisar la literatura especializada de la década de los setenta: treinta y siete monografías ensalzan a nuestra especie y cuarenta y siete la menosprecian. En palabras de Lopes: "Aunque se publicaba un número equivalente de artículos enaltecedores y humillantes, y en publicaciones de análogo prestigio, en el período estudiado éstos últimos eran citados un promedio de 27,8 veces. Los artículos laudatorios sólo fueron evocados en 4,7 de los casos". Científicos ajenos a la psicología adoptaron los informes. En realidad, cerca del 20% de las citas provenía de otras especialidades, y de éstas, el 100% se atenía a referencias que confirmaban la indigencia de la capacidad decisoria humana.

He dicho que los involucrados en el quehacer de la mente y el cerebro y en la teoría de la evolución saben de estas cosas. Lo que me hace recordar el aforismo de Lyndon Johnson: "Puede ser un perro, pero es mi perro y no lo patees". Está en juego nada menos que el sistema racional humano. Sin duda se lo puede engañar, pero es un sistema que nos hizo recorrer un largo camino y quien diga hoy que es un vértigo de irracionalidad debería ser desafiado, y con energía. Después de todo, si preguntamos para qué sirve el cerebro, captamos de inmediato que toda su razón de ser estriba en la toma de decisiones; en particular en lo tocante a nuestro éxito reproductivo. Es di-

fícil aceptar que seamos incapaces de pensar con claridad. Tal vez seamos malos matemáticos y pésimos para las estadísticas, pero decir que somos irracionales es absurdo. Comenta Lola Lopes,

> No olvidemos que la teoría formal de las probabilidades aparece muy tarde en la historia intelectual de nuestra especie [...] Si la evaluación de probabilidades hubiera sido tan crucial para el pensamiento como la geometría y la aritmética, habría nacido antes y cimentaría el raciocinio [...] Por otra parte, la racionalidad es un artefacto tan humano que jamás alguien menciona un raciocinio artificial. Igual que todo lo humano, la esfera racional es limitada y útil en un mundo complejo. La inteligencia es algo más vasto, oscuro y serio. Nos mantuvo en vida como especie e individuos incluso al precio del error. La robustez, la generalización y el espíritu práctico son exigencias de la vida. Residen en la inteligencia por necesidad.

En muchos intentos contemporáneos por entender los procesos racionales, se presenta a los sujetos acertijos artificiales desarrollados en laboratorios. ¿Pero hasta qué punto son válidos los resultados si nuestros cerebros están adaptados a problemas del mundo real? Muchos tests lógicos desconciertan a los estudiantes, porque se plantean *in abstracto*. ¿Su fracaso significa que carecen de lógica? No, porque cuando el mismo problema encara un hecho real,

por ejemplo la obtención de alimento o bebida, el desempeño lógico es impecable.

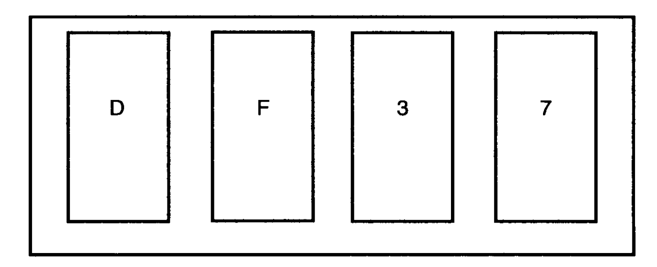



Figura 5

Leda Cosmides[46] elabora un revelador ejemplo. Empieza por aplicar un test que demuestra el mal desempeño de las personas educadas cuando se trata de realizar una simple tarea lógica. Inténtelo. Examine las cuatro cartas de la Figura 5. Cada carta tiene un número en un lado y una letra en el otro. La sencilla tarea es determinar si hay excepciones a esta regla: Si una carta tiene una D en un lado, tiene un 3 en el otro. ¿Qué cartas debe volver para saber si se cumple la ley? ¿Siente que le retumba la mente?

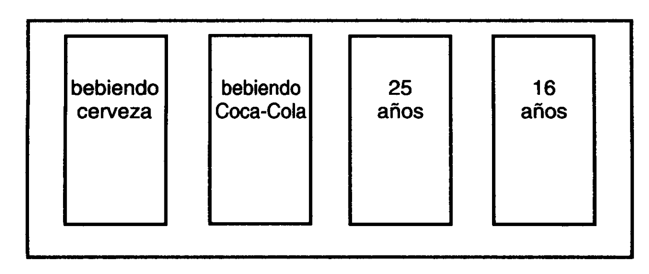



Figura 6

Consideremos ahora este otro problema: eres un apagabroncas en un bar y tu trabajo es asegurar que ningún menor de veintiún años beba cerveza. Las cartas de la Figura 6 muestran la edad en un lado y lo que se bebe en el otro. ¿Qué cartas debes volver? La mente actúa de inmediato. Obviamente la respuesta está en la primera y la última carta, igual que en el ejemplo más abstracto.

¡Tanto de lo que se escribe acerca de la irracionalidad de nuestra especie es mera falacia! Como nos recuerda Pinker, la especie que inventó el concepto de probabilidad no puede ser ignorante al respecto. Es posible emplear trucos para que nuestras habilidades parezcan burdas e irracionales, pero basta calar más hondo para apreciar que los seres humanos suelen poseer habilidades mentales capaces de realizar inferencias adecuadas. La dificultad surge cuando un problema es engañoso o arduo o requiere de varios pasos para entregar la solución. El sistema generador de hipótesis sigue sugiriendo por qué un cierto patrón de datos posee un determinado perfil.

• • •

Imagina una Cosa llena de dispositivos inteligentes que le permiten reproducirse, transitar por su entorno, detectar depredadores y llevar a buen término una pluralidad de tareas. Ahora imagina

una Cosa con un rasgo nuevo. Esta Cosa pregunta: "¿Por qué? ¿Cómo se relaciona X con Y?" Piensa en las consecuencias de este nuevo rasgo. Aunque sabemos bastante acerca de esta Cosa (el cerebro), bregamos para entender por qué este delicado mecanismo nos hace creer que tenemos el control. No nos parece que seamos una bolsa llena de trucos. Nos sentimos integrados. ¿Por qué?

El cerebro está construido para que el esquema genético de una especie mantenga férreo control del desarrollo. Las neuronas se fabrican y emigran a su lugar de destino en un medio fisioquímico. Empiezan a funcionar y se vuelven fisiológicamente activas, descargando y procesando información. Tanto su entorno fisioquímico como su actividad fisiológica desempeñan un papel en la disposición final de la red neural. Pero el sistema genético ya ha calibrado esto. Las fuerzas ambientales son asaz constantes, de manera que la codificación genética requerida para la migración de las neuronas está preestablecida. Ya dije que la manipulación de un gen durante el desarrollo puede alterar un estrato celular en una zona del cerebro. Ello no podría ocurrir si existiera "libertad" neural en ese período. El cerebro se construye, y se construye a partir de un esquema.

Apenas está listo, empieza a expresar lo que sabe, esto es, lo que trae de fábrica. Y viene muy equipado. El número de dispositivos especiales funcionales y activos es asombroso: los fenómenos perceptuales, la física intuitiva y las reglas del in-

tercambio social vienen ya incorporados. Esas cosas no se aprenden, están estructuradas de manera innata. Cada dispositivo resuelve un problema distinto. No aceptar esta sencilla verdad es vivir en un mundo de fantasía.

Cuando las conductas animales resultan automáticas y preestablecidas, nadie se asombra. Pero la gente protesta cuando se sugiere que el mismo tipo de organización vale para la percepción y la función cognitiva del ser humano. Es inútil angustiarse: una breve reflexión basta para convencernos de que nuestra capacidad para pensar racionalmente y transitar por el mundo son rasgos preestablecidos en el cerebro. Si cada cerebro tuviera que aprender todas las reglas de un solo pensamiento complejo, la especie humana seguiría deambulando en las tinieblas.

La pluralidad de dispositivos que poseemos para hacer lo que hacemos viene instalada de fábrica. Cuando percibimos conscientemente un acto, ya fue acometido por esos dispositivos. Las técnicas de imágenes cerebrales nos permiten ver dónde y cómo actúa el cerebro antes de que surja una conducta: el cerebro decide antes. El yo consciente declara tomar una decisión que ya se ha procesado.

En cuestión de gustos no hay nada escrito, pero sin duda uno de los placeres (u horrores) de la vida es ver cómo una idea, un impulso, ennegrece una página en blanco. A medida que una frase o un párrafo viaja desde la punta de los

dedos hasta el monitor, nos maravillamos por el modo como las cosas quedan dichas. Creemos, por cierto, que todas esas asociaciones verbales –que transitan por nuestro glosario generando palabras, secuencias preferidas o inesperados detalles de estilo– reflejan nuestra mente consciente. Pero no existe nada en el mundo que nos permita estructurar activamente los detalles finos de una frase. Quizás ajustemos las posibilidades, pero procesos cerebrales están realizando el trabajo al margen de nuestra conciencia.

Todos conocemos la actividad del cerebro automático, sobre todo cuando despertamos a las tres de la mañana con un torbellino de ideas. Somos incapaces de volver a conciliar el sueño porque el cerebro gobierna. Observamos el funcionamiento del cerebro automático en situaciones sociales, cuando una persona atractiva se nos cruza en el camino. Lo vemos trabajar cuando nuestro estado de ánimo cambia súbitamente. Nos maravillamos por la reacción instantánea ante un desafío. Desde las ilusiones visuales hasta los silogismos, pasando por el trepar a unas ramas, el cerebro trabaja por nosotros. ¿Cómo podría ser de otro modo?

"¡Por supuesto que no es así! ¡Tengo siempre el control!", preferimos decir. No importa lo que los especialistas descubran acerca de la mente y el cerebro: no hay modo de eliminar esta sensación, común a todos nosotros. Por cierto, la vida es una ficción, pero es nuestra ficción y es agradable sen-

tir que la tenemos bajo control. Protestamos cuando oímos hablar del cerebro automático. No nos creemos *zombies*. Gobernamos, somos entidades conscientes, y punto.

Este es el acertijo que los científicos de la mente pretenden resolver. Los moderados se intimidan en este punto y dejan los hechos en el tapete. Pero yo tengo una idea acerca del abismo entre nuestro entendimiento del cerebro y la sensación de nuestra vida consciente. Existe la creencia profunda en que no sólo podemos alcanzar una neurociencia de la conciencia, sino una neurociencia de la conciencia *humana*. Todo sucede como si algo terrible y complejo ocurriera a medida que el cerebro se agranda hasta alcanzar su volumen humano. Sea lo que sea, estimula nuestra capacidad de introspección, de aburrimiento, de vacilación.

Propongo un proceso de tres etapas para saber cómo el cerebro habilita la experiencia consciente: *Primero*, deberíamos concentrarnos en qué queremos decir cuando hablamos de experiencia consciente. Sólo es la percepción de nuestras capacidades como especie, no las capacidades en sí, esto es, sólo la conciencia de los sentimientos que tenemos acerca de ellas. El cerebro no es un dispositivo computacional para todo servicio. Es una colección de circuitos dedicados a capacidades específicas. Aunque esto vale para todos los cerebros, la maravilla del órgano humano es que disponemos de innumerables capacidades. Poseemos más que los chimpancés, que a su vez tienen

más que los monos, que a su vez poseen más que los gatos que rondan a las ratas. Así pues, ante todo debemos distinguir las capacidades de una especie de sus sensaciones acerca de ellas.

*Segundo*, cada especie está consciente de sus capacidades. ¿Alguien duda de que la rata, durante la cópula, goza tanto como un ser humano? Pues así es. ¿Cree que el gato no goza con un trozo de bacalao? Por cierto. ¿O que un mono no goza con un salto espectacular? Sin duda. ¿Qué es entonces la conciencia humana? Es esa misma percepción, excepto porque podemos ser conscientes de tantas cosas más. Un circuito –quizá un solo sistema o uno duplicado una y otra vez– se asocia con cada capacidad cerebral. Mientras más sistemas tenga un cerebro, mayor será su percepción de sus capacidades.

Pensemos los diversos niveles de capacidad al interior de nuestra especie. No son distintos a las vastas diferencias entre especies. Años de investigación en pacientes hemiseccionados revelan que las capacidades del hemisferio izquierdo son más abundantes que en el derecho. El nivel de conciencia de este último es limitado: poco sabe de muchas cosas. Pero los límites de competencia se hallan diseminados en la población. Hay personas normales que entienden la ley de Ohm, otras ignoran la mecánica cuántica. Yo, por ejemplo, no percibo la significación de la teoría cuántica para el universo. Los circuitos que ayudan a entender esas cosas no están presentes en mi cerebro.

Cuando atendemos a los circuitos que surgen de la selección natural, vemos que el cerebro no es una red unificada para solucionar todo tipo de problemas. Si aceptamos esto como un hecho, podemos concentrarnos en la posibilidad de que circuitos pequeños y más manejables generen "conciencia" de las capacidades propias de la especie. Aferrarnos a la noción de una red unificada significa que sólo podemos entender la experiencia consciente imaginando la interacción de miles de millones de neuronas. La tarea es vana. Mi esquema, no.

La misma investigación del cerebro escindido que reveló asombrosas diferencias entre ambos hemisferios también mostró que el izquierdo cuenta con un intérprete, cuya tarea es explicar nuestra conducta y nuestras reacciones cognitivas o emocionales ante los desafíos del entorno. El intérprete establece un relato continuo de nuestros actos, emociones, pensamientos y sueños. Es el pegamento que unifica nuestra historia y crea nuestra sensación de ser un agente racional completo. Aporta a nuestro caleidoscopio de instintos individuales la ilusión de que somos otra cosa de lo que somos. Construye teorías acerca de nuestra propia vida y esta narrativa de nuestra conducta pasada nos permea la conciencia.

Así pues, el problema de la conciencia es manejable: no necesitamos buscar el código de alguna vasta red neuronal interactiva.

El *tercer* paso es hallar el o los circuitos neurales comunes, tal vez simples, que permiten que los vertebrados tengan conciencia de sus capacidades específicas como especie. Es posible conjeturar que el (o los) circuito(s) de la rata esté(n) presente(s) en el cerebro humano. Entender esto vuelve solucionable el problema desde un enfoque científico. Lo que nos hace tan especiales es que el circuito tiene mucho más con que trabajar en el cerebro humano.

Finalmente, las cosas se aclaran. La inserción de un intérprete en un cerebro que funciona libera todo tipo de subproductos. Un dispositivo que inquiere la relación de un número infinito de cosas entre sí y genera respuestas productivas no puede sino dar nacimiento al concepto de *self*. Seguramente una de las preguntas del dispositivo sería: "¿Quién está solucionando estos problemas?" Digamos que "*yo*", y el problema desaparece. El dispositivo que cuenta con normas para esclarecer la relación entre cosas diversas se refuerza para cumplir esta acción, tal como la resolución del problema del alimento cotidiano refuerza los dispositivos para buscar comida de la hormiga.

Nuestros cerebros son automáticos porque el tejido físico se encarga de lo que hacemos. ¿Cómo podría ser de otro modo? El cerebro hace las cosas antes de que nuestro *self* conceptual lo sepa. Pero este *self* conceptual crece y crece, hasta alcanzar proporciones tales que el hecho biológico

choca con nuestra conciencia, sin paralizarnos. Por una parte, la interpretación de los sucesos pasados nos libera de la sensación de estar aherrojados por las demandas del entorno y, por otra, produce la grata sensación de que gobernamos nuestro destino. Los éxitos racionales cotidianos nos convencen de nuestra importancia capital. Quizá el conocimiento nos permitirá conducir al cerebro automático hacia mayores logros y a un gozo más completo de la vida.

# NOTAS

1 David y Ann Premack, ex investigadores de la Universidad de Pennsylvania y expertos en el tema de los orígenes del hombre.

2 E. O. Wilson, de la Universidad de Harvard.

3 Jane Goodall, de las universidades de Tanzania y Nuevo México.

4 El conductismo o "behaviorismo" es la tendencia a fundamentar el estudio de los seres humanos en la observación de su conducta. Skinner estudió la actividad verbal desde el punto de vista conductista, lo que suele denominarse "conductismo lingüístico". (N. del T.)

5 Como señalan incansablemente los Premack.

6 El bastión de estas ideas está en La Jolla, California, y su líder intelectual es el carismático y entusiasta Terry Sejnowski, profesor patrocinado por el Instituto Médico Howard Hugues en el Instituto Salk. Hay que recordar que "constructivismo neural" es sinónimo de conexionismo.

7 David Premack sostiene este argumento.

8 Trabajo de Richard Sayfarh, citado por David Premack.

9 George Miller, de la Universidad de Princeton.

10 Rudiger Wehner y M. V. Srinivasan, de la Universidad Nacional de Australia.

11 En la Universidad de California, Berkeley.

12 Carla Shatz y sus colegas de la Universidad de California, Berkeley.

13 Larry Katz y sus colegas en la Duke University realizaron este trabajo.

14 Citado por E. G. Jones.

15 G. W. Huntley, del Mount Sinai Hospital de Nueva York.

16 Trabajó en la Universidad de Lausana, en la década de 1970.

17 Postuladas por James Voyvodic, de la Universidad de Pittsburgh.

18 Lo ha establecido Pasko Rakic, de Yale, quizá el mejor neuroanatomista actual.

19 Estudiada por Steve Gaulin y otros en la Universidad de Pittsburgh.

20 La primera fue Rochel Gelman, de la Universidad de California.

21 Stanislaus Dehaene y Lauren Cohen en el Institut de la Santé et de la Recherche Médicale, París.

22 Rochel Gelman y su marido, Randy Gallistel.

23 Experimento llevado a cabo por Geoffrey B. Saxe, de la Universidad de California en Los Angeles.

24 El estudio se realizó a mediados de la década del cincuenta, pero Libet no publicó sus conclusiones hasta mediados de la década siguiente.

25 El experimento que describo fue efectuado por Romi Nijhawan en la Universidad de Cornell.

26 Investigación efectuada con gran energía por Larry Weiskrantz, de la Universidad de Oxford.

27 Esta onerosa maquinaria me la regaló León Festinger cuando decidió abandonar el estudio de la percepción visual para dedicarse a la arqueología. Más valioso fue el regalo de Jeffrey Holtzman, no sólo por su pericia científica sino porque es el tipo más cómico del planeta.

28 Mark Wessinger.

29 Siempre resulta consolador comprobar el profundo respeto que el ciudadano común profesa hacia la causa del conocimiento. Una vez que se le explican las cosas, invariablemente participa con entusiasmo.

30 Anne Treisman, de la Universidad de Princeton, ha probado esta noción.

31 Este experimento fue realizado por Stacia Friedman-Hill, Lynn Robertson y Anne Treisman.

32 Por Hermann Ebbinghaus, psicólogo alemán que estudió la percepción visual y la memoria.

33 Interrogante planteada por Melvin Goodale y sus colegas en la Universidad de Ontario Oeste.

34 En la Universidad de Nueva York.

35 Junto a sus colegas del Montreal Neurological Institute.

36 Efectuadas por Elizabeth y Jeffrey Lotus en la Universidad de Washington, y por Larry Squire en la Universidad de California, San Diego.

37 Experimento realizado por Don Simons, de la Universidad de Cornell.

38 Joseph Bogen y Peter Vogel practicaron por primera vez la operación en la Loma Linda Medical School en California.

39 Stanley Schachter y Lew Riecken.

40 Este simple experimento fue realizado por Michael Miller en el Darmouth College.

41 Originalmente introducidos por James Deese en la Johns Hopkins University en 1959 y ahora reproducidos por Henry Roedinger y Kathleen MC Dermott.

42 Vinod Goel, de la Universidad de York, en Canadá, reportó estos resultados trabajando con escaneos cerebrales.

43 En su libro *The human legacy*.

44 Esta investigación, entre muchas otras, fue llevada a cabo por Daniel Kahneman y el difunto Amos Tversky, quienes acuñaron el término "heurística representacional".

45 De la Universidad de Iowa, a quien no conozco pero quisiera conocer.

46 En la Universidad de California en Santa Bárbara.

# BIBLIOGRAFIA

## CAPITULO 1

Chomsky, N. "Knowledge of language: Its elements and origins". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 295 (1981): 223-234.

Dawkins, R. *Climbing Mount Improbable,* Nueva York, W. W. Norton, 1996.

Gazzaniga, M. S. *Nature's Mind.* Nueva York, Basic Books, 1992.

Goodall, J. *The Chimpanzees of Gombe.* Cambridge, Harvard University Press, 1986.

Gould, Stephen J. "Exaptation: A crucial tool for an evolutionary psychology". *Journal of Social Issues* 47 (1991): 43-65.

James, W. *The Principles of Psychology,* vol I. Nueva York, Dover, 1890.

Jerne, N. "Antibodies and learning: Selection versus instruction", en *The Neurosciences: A Study Program,* vol. I (G. Quarton, T. Melnechuck y F. O. Schmidt, eds.), Nueva York, Rockefeller University Press, 1968.

Miller, G. A. "Interview", en *Fundamentals of Cognitive Neuroscience* (M. S. Gazzaniga, R. B. Ivry y G. R. Mangun, eds.), Nueva York, W. W. Norton, 1998.

Nesse, R. M., y Williams, G. C. *Why We Get Sick?* Nueva York, Vintage Books, 1996.

Pinker, S. *The Language Instinct.* Nueva York, W. W. Norton, 1994.

_______ *How the mind works.* Nueva York, W. W. Norton, 1997.

Premack, D., y Premack, A. J. "Why animals have neither culture nor history", en *Companion Encyclopedia of Anthropology.* Londres, Routledge, 1994, pp. 350-365.

Quartz, S. R., y Sejnowski, T. J. "Controversies and issues in developmental theories of mind: Some constructive remarks", en *Behavioral and Brain Sciences.* Nueva York, Cambridge University Press (en prensa).

Rozin, P., y Schull, J. "The adaptive-evolutionary point of view in experimental psychology", en *Steven's Handbook of Experimental Psychology.* Nueva York, Wiley, 1988.

Updike, J. *Self Consciousness.* Nueva York, Knopf, 1989.

Trivers, R. L. "The evolution of reciprocal altruism". *Quarterly Review of Biology* 46 (1971): 35-57.

Weiskrantz, L. *Blindsight: A Case Study and Implications.* Nueva York, Oxford University Press, 1986.

Wilson, E. O. *Sociobiology: The New Synthesis.* Cambridge, Harvard University Press, 1974.

CAPITULO 2

Gallistel, C. R. "The replacement of general-purpose theories with adaptive specializations", en *The Cognitive Neuroscience* (M. S. Gazzaniga, ed.). Cambridge, MIT Press, 1995, pp. 1255-1267.

Goodman, C. S., y Schatz, C. J. "Developmental mechanisms that generate precise patterns of neuronal connectivity". *Cell* 72 (suppl.) (1993): 77-98.

Herschkowitz, N., Kagan, J., y Zilles, K. "Brain bases for behavioral development in the first year". *Pediatric Neurology* (en prensa).

Hubel, D. H., y Weisel, T. N. "Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex". *Journal of Physiology* 160 (1962): 106-154.

Huntley, G. W. "Correlation between patterns of horizontal connectivity and the extent of short-term representational plasticity in rat motor cortex". *Cerebral Cortex* 7(2) (1997): 143-156.

Innocenti, G. M. "Exuberant development of connections and its possible permissive role in cortical evolution". *Trends in Neuroscience* 18 (1995): 397-402.

Jones, E. G. "Santiago Ramón y Cajal and the Croonian lecture, March 1894". *Trends in Neuroscience* 17 (1994): 190-192.

Kagan, J. "Temperament and the reactions to unfamiliarity". *Child Development* 68 (1997): 139-143.

Kuhl, Patricia K. "Infant speech perception: A window on psycholinguistic development". *International Journal of Psycholinguistics* 9 (1993): 33-36.

Marín-Padilla, M. "Prenatal development of human cerebral cortex: An overview". *International Pediatrics* 10 (1995): 6-15.

Medin, D. L., y Davis, R. T. "Memory", en *Behaviour of Nonhuman Primates: Modern Research Trends*, vol. 5 (A. M. Schrien y F. Stollivitz, eds.). Nueva York, Academic Press, 1974, pp. 1-47.

Merzenich, M. M., Grajski, K. A., Jenkins, W. M., y otros. "Functional cortical plasticity. Cortical network origins of representations changes". *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 55 (1991): 873-887.

Merzenich, M. M., Nelson, R. H., Kaas, J. H., y otros. "Variability in hand surface representations in areas 3b and I in adult owl and squirrel monkeys". *Journal of Comparative Neurology* 258 (1987): 281-296.

Merzenich, M. M., Nelson, R. H., Stryker, M. P., y otros. "Somatosensory cortical map changes following digital amputation in adult monkey". *Journal of Comparative Neurology* 224 (1984): 591-605.

Rakic, P. "A small step for the cell, a giant leap for mankind: A hypothesis of neocortical expansion during evolution". *Trends in Neuroscience* 18 (1995): 383-388.

Ramachandran, V. S., Rogers-Ramachandran, D., y Stewart, M. "Perceptual correlates of massive cortical reorganization". *Science* 258 (1992): 1159-1160.

Recanzone, G. H., Schreiner, C. E., y Merzenich, M. M. "Plasticity in the frequency representation of primary auditory cortex following discrimination training in adult owl monkeys". *Journal of Neuroscience* 13 (1993): 87-103.

Shatz, C. J. "The developing brain". *Scientific American* 267 (3) (1992): 61-67.

Singer, W. "Development and plasticity of cortical processing architectures". *Science* 270 (1995): 758-764.

Smith, B. C. "The owl and the electric encyclopedia". *Artificial Intelligence* 47 (1991): 251-288.

Sperry, R. W. "Mechanisms of neural maturation", en *Handbook of Experimental Psychology* (S. Stevens, ed.). Nueva York: Wiley, 1963: pp. 236-280.

Voyvodic, J. T. "Cell death in cortical development: How much? Why? So what?" *Neuron* 16 (1996): 693-696.

Wehner, R., y Srinvasan, M. V. "Searching behaviour of desert ants, genus, Catagyhlphis (Formicidae, Humenoptera)". *Journal of Comparative Physiology* 142 (1981): 315-338.

Weliky, M., y Katz, L. C. "Disruption of orientation tuning in visual cortex by artificially correlated neuronal activity". *Nature* 17 (1997): 386, 680-685.

CAPITULO 3

Deecke, L., y Kornhuber, H. H. "An electrical sign of participation of the mesial "supplementary" motor cortex in human voluntary finger movement". *Brain Research* 159 (1978): 473-476.

Dehaene, S. *The number sense.* Nueva York, Oxford University Press, 1997.

Dehaene, S., y Cohen, L. "Cerebral pathways for calculation: Double dissociations between Gerstmann's acalculia and subcortical acalculia". *Cortex* 33 (1997): 219-250.

Fendrich, R., Wessinger, C. M., y Gazzaniga, M. S. "Residual vision in a scotoma: Implications for blindsight". *Science* 258 (1992): 1489-1491.

Gaulin, S. J. C., y Fitzgerald, R. W. "Sexual selection for spatial-learning ability". *Animal Behaviour* 37 (1989): 332.

Gazzaniga, M. S., Fendrich, R., y Wessinger, C. M. "Blindsight reconsidered". *Current Directions in Psychological Science* 3 (1994): 93-96.

Gelman, R. "Domain specificity in cognitive development: Universals and non-universals". *International Journal of Psychology* (en prensa).

Holtzman, J. D. "Interactions between cortical and subcortical visual areas: Evidence from human commissurotomy patients". *Vision Research* 24 (1984): 801-813.

Holtzman, J. D., Sidtis, J. J., Volpe, B. T., y otros. "Dissociation of spacial information for stimulus localization and the control of attention. *Brain* 104 (1981): 861-872.

Libet, B. "Neural processes in the production of conscious experience". *Brain* 172 (1979): 96-110.

——— "Neural time factors in conscious and unconscious mental functions", en Toward a science of consciousness: The first Tucson discussions and debates" (S. R. Hameroff, et al., eds.). Cambridge, MIT Press, 1996, pp. 337-347.

Libet, B., Pearl, D. K., Morledge, D. E., y otros. "Control of the transition from sensory detection to sensory awareness in man by the duration of a thalamic stimulus". *Brain* 114 (1991): 1731-1757.

Libet, B., Wright, E. W., y Gleason, C. A. "Readiness-potencials preceding unrestricted 'spontaneous' vs. pre-planned voluntary acts". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 54 (1982): 322-335.

Nijhawan, R. "Visual decomposition of colour through motion extrapolation". *Nature* 386 (1997): 66-69.

Sidtis, J. J., Volpe, B. T., Holtzman, J. D., y otros. "Cognitive interaction after staged callosal section: Evidence for a transfer of semantic activation". *Science* 212 (1981): 344-346.

Volpe, B. T., LeDoux, J. E., y Gazzaniga, M. S. "Information processing of visual stimuli in an extinguished field". *Nature* 282 (1979): 722-724.

Wessinger, C. M., Fendrich, R., y Gazzaniga, M. S. "Islands of residual vision in hemianopic patients". *Journal of Cognitive Neuroscience* 9 (1997): 203-222.

CAPITULO 4

Cavanagh, P. "Attention-based motion perception". *Science* 257 (1992): 1563-1565.

_______ "Predicting the present". *Nature* 386 (1997): 19-21.

Crick, F., y Koch, C. "Are we aware of neural activity in primary visual cortex?" *Nature* 375 (1995): 121-123.

Friedman-Hill, S. R., Robertson, L. C., y Treisman, A. "Parietal contributions to visual feature binding: Evidence from a patient with bilateral lesions". *Science* 269 (1995): 853-855.

Gibson, J. J. *The ecological approach to visual perception.* Boston, Houghton Mifflin, 1979.

He, S., Cavanagh, P., e Intriligator, J. "Attentional resolution". *Trends in Cognitive Sciences* (1997): 115-121.

Nakayama, K. "Gibson: An appreciation". *Psychological Review* 101 (1994): 329-335.

Shepard, R. N. "Psychological relations and psychophysical scales: On the status of 'direct' psychophysical measurement". *Journal of Mathematical Psychology* 24 (1981): 21-57.

_______ *Mind sights.* San Francisco, W. H. Freeman, 1990.

_______ "Perceptual-cognitive universals as reflections of the world". *Psychonomic Bulletin and Review* 1 (1994): 2-28.

Treisman, A. "Search, similarity, and integration of features between and within dimensions". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 17 (1991): 652-676.

_______ "Perceiving and re-perceiving objects". *American Psychologist* 47 (1992): 862-875.

_______ "The perception of features and objects", en *Attention: Selection, Awareness and Control. A Tribute to Donald Broadbent* (A.

Baddley y L. Weiskrantz, eds.). Oxford, Clarendon Press, 1993, pp. 5-35.

Treisman, A., y Sato, S. "Conjunction search revisited". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 16 (1990): 459-478.

CAPITULO 5

Arad, Z., Midtgård, U., y Bernstein, M. "Thermoregulation in turkey vultures: Vascular anatomy, anteriovenous heat exchange, and behaviour". *The Condor* 91 (3) (1989): 505-514.

Bechera, A., Damasio, H., Tranel, D. y Damasio, A. "Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy". *Science* 275 (1997): 1293-1294.

Goodale, M. A., y Milner, A. D. "Separate visual pathways for perception and action". *Trends in Neurosciences* 15 (1992): 20-25.

Haffenden, A., y Goodale, M. A. "The effect of pictorial illusion on prehension and perception". *Journal of Cognitive Neuroscience* 10 (1998) 122-136.

Leopold, D. A., y Logothetis, N. K. "Activity changes in early visual cortex reflect monkeys' percepts during binocular rivalry". *Nature* 379 (1996): 549-553.

Logothetis, N. K., Leopold, D. A., y Sheinberg, D. L. "What is rivalling during binocular rivalry?" *Nature* 380 (1996): 621-624.

Logothetis, N. K., Pauls, J., y Poggio, T. "Shape representation in the inferior temporal cortex of monkeys". *Current Biology* 5 (1995): 552-563.

Marchand, J.-C. "La maladie dans la vie d'Emmanuel Kant: Diagnostic rétrospectif et causalité neuropsychologique". Tesis de doctorado, Universidad de París VII, 1996.

Palmer, R. S. (ed.). *Handbook of north american birds*, vol. 4. New Haven, Yale University Press, 1988.

Panum, P. L. *Physiologische Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen.* Kiel, Schwers, 1858.

Platt, M., y Glimcher, P. "Representation of prior probability and movement metrics by area LIP neurons". *Society of Neuroscience Abstract* 1997.

Poole, A. F. *Ospreys: A natural and unnatural history.* Cambridge, Ing., Cambridge University Press, 1989.

Servos, P., y Goodale, M. A. "Preserved visual imagery in visual form agnosia". *Neuropsychologia* 33 (1995): 1383-1394.

Servos, P., Martin, L., y Goodale, M. A. "Dissociation between two modes of spatial procesing by a visual form agnostic". *NeuroReport* 6 (1996): 1893-1896.

Shadlen, M. N., Britten, K. H., Newsome, W. T., y Movshon, J. A. "A computational analysis of the relationship between neuronal and behavioral responses to visual motion". *Journal of Neuroscience* 16(4) (1996): 1486-1510.

Sheinberg, D. L., y Logothetis, N. K. "The role of temporal cortical areas in perceptual organization". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94 (1997): 3408-3413.

Smith, S. A., y Paselk, R. A. "Olfactory sensitivity of the turkey vulture (*Cathartes aura*) to three carrion-associated odorants". *The Auk* 103 (1986): 586-592.

CAPITULO 6

Baynes, K., Wessinger, C. M., Fendrich, R., y Gazzaniga, M. S. "The emergence of the capacity of the disconnected right hemisphere to control naming: Implications for functional plasticity". *Neuropsychologia* 33 (1995): 1225-1242.

Ceci, S. J., Huffman, M. L., y Smith, E. "Repetedly thinking about a non-event: Source misattributions among pre-schoolers". *Consciousness and Cognition* 3 (1994): 388-407.

Ceci, S. J., y Loftus, E. F. "Memory work: A royal road to false memories?" *Applied Cognitive Psychology* 8 (1994): 351-364.

Chen, C., y Tonegawa, S. "Molecular genetic analysis of synaptic plasticity, activity-dependent neural development, learning, and

memory in the mammalian brain". *Annual Review of Neuroscience* 20 (1997): 157-184.

Festinger, L. *A theory of cognitive dissonance.* Evanston, IL: Row, Peterson, 1957.

Gazzaniga, M. S. *The social brain.* Nueva York, Basic Books, 1985.

Gazzaniga, M. S., Eliassen, J. C., Nisenson, L., y otros. "Collaboration between the hemispheres of a callosotomy patient: Emerging right hemisphere speech and the left brain interpreter". *Brain* 119 (1996): 1255-1262.

Gazzaniga, M. S., y LeDoux, J. E. *The integrated mind.* Nueva York, Plenum Press, 1978.

Metcalfe, J., Funnell, M., y Gazzaniga, M. S. "Right hemisphere superiority: Studies of a split-brain patient". *Psychological Science* 6 (1995): 157-164.

Miller, M. B., y Gazzaniga, M. S. "Creating false memories for visual scenes". *Neuropsychologia* (en prensa).

Penfield, W., y Roberts, L. *Speech and brain mechanisms.* Princeton, NJ., Princeton University Press, 1959.

Phelps, E. A., y Gazzaniga, M. S. "Hemispheric differences in mnemonic processing: The effects of left hemisphere interpretation". *Neuropsychologia* 30 (1992): 293-297.

Roediger, H. L. III, y McDermott, K. B. "Creating false memories: Remembering words not presented in lists". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 21 (1995): 803-814.

Schacter, D. L., Norman, K. A., y Koutstaal, W. "The cognitive neuroscience of constructive memory. *Annual Review of Psychology* (en prensa).

Schindler, R. A., y Kessler, D. K. "The UCSF/Storz cochlear implant: Patient performance. *American Journal of Otology* 8 (1987): 247-255.

Simons, D. J. "In sight, out of mind: When object representations fail". *Psychological Science* 7 (1996): 301-305.

Sperry, R. W., Gazzaniga, M. S., y Bogen, J. E. "Interhemispheric relationships: The neocortical commissures, syndromes of hemi-

sphere disconnection", en *Handbook of clinical neurology,* vol. 4 (P. J. Vinken y G. W. Bruyn, eds.). Amsterdam, North-Holland, y Nueva York, Wiley, 1969, pp. 273-290.

CAPITULO 7

Barkow, J. H., Cosmides, L., y Tooby, J. *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture.* Nueva York, Oxford University Press, 1992.

Festinger, L. *The human legacy.* Nueva York, Columbia University Press, 1983.

Gazzaniga, M. S., y Smylie, C. S. "Dissociation of language and cognition: A psychological profile of two disconnected right hemispheres". *Brain* 107 (1983): 145-153.

Goel, V., Gold, B., Kapur, S., y Houle, S. "Neuroanatomical correlates of human reasoning". *Journal of Cognitive Neuroscience* (en prensa).

Kahneman, D. "Judgement and decision making: A personal view". *Psychological Science* 2 (1991): 142- 145.

Kahneman, D., Slovic, P., y Tversky, A. (eds.). *Judgement under uncertainty: Heuristics and biases.* Cambridge, Ing., Cambridge University Press, 1982.

Kahneman, D., y Tversky, A. "Subjective probability: A judgement of representativeness". *Cognitive Psychology* 3 (1972): 430-454.

______ "Can irracionality be intelligently discussed?" Behavioral and Brain Sciences 3 (1983): 509-510.

Kahneman, D., y Varey, C. A. "Propensities and counterfactuals: The loser that almost won". *Journal of Personality and Social Psychology* 59 (1990): 1101-1110.

Lopes, L. L. "The rhetoric of irrationality". *Theory and Psychology* 1 (1991): 65-82.

Lopes, L. L., y Oden, G. C. "The rationality of intelligence", en *Rationality and reasoning* (E. Elles y T. Maruszewski, eds.), Amsterdam, Rodopi, 1987.

Piatelli-Palmarini, M. *Inevitable illusions.* Nueva York, Wiley, 1994.

Pinker, S. *How the mind works*, Nueva York, W. W. Norton, 1997.

Savage, L. J. "The sure-thing principle", en *The foundations of statistics.* Nueva York, Wiley, 1954.

Simon, H. A. "Rational choice and the structure of the environment". *Psychological Review* 63 (1956): 129-138.

von Neuman, J., y Morgenstern, O. *Theory of games and economic behaviour.* Princeton, NJ., Princeton University Press, 1944.

Wolford, G. *False positives can kill you.* Berkeley, University of California Press (en prensa).

# INDICE

El pasado de la mente MICHAEL S. GAZZANIGA

"Este libro explica cómo nuestra experiencia es una construcción del aparataje de nuestro cerebro... Fascinante, fácil de leer, ingenioso y sabio."

Steven Pinker
autor del libro "Cómo Funciona la Mente"

"Gazzaniga, un pionero del estudio de las relaciones cerebro-mente, nos entrega un relato sumamente leíble acerca de lo que implica la enorme acumulación reciente de conocimientos sobre el cerebro para entender los procesos mentales según los cuales vivimos. El resultado es un libro de inmenso interés, escrito para todo tipo de público lector."

George A. Miller, Princeton University






EDITORIAL ANDRES BELLO